

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(назва факультету)

Кафедра технології і обладнання зварювального виробництва

(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: «Обґрунтування параметрів технологічного процесу
індукційного наплавлення з використанням енергоощадного режиму».

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи МЗм-61

спеціальності (напряму підготовки) _____

131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

	_____	Шамрук Ю.Г.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник	_____	Пулька Ч.В.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	_____	Пулька Ч.В.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент	_____	Ярема І.Т.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота магістра на тему: "Обґрунтування параметрів технологічного процесу індукційного наплавлення з використанням енергоощадного режиму" складається із розрахунково-пояснювальної записки об'ємом 104 аркуші формату А4 і графічної частини об'ємом 13 аркушів формату А1. Розрахунково-пояснювальна записка складається із таких розділів: аналітичний, науково-дослідницький, технологічний, конструкторський, організаційно-економічний, спеціальна частина, охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях, екологія.

Для висвітлення питань, які розглядаються у дипломній роботі магістра, розрахунково-пояснювальна записка містить 8 розділів, 37 рисунків, 15 таблиць. При написанні розрахунково-пояснювальної записки використано 31 літературних посилань.

В даній роботі проведено дослідження індукційного наплавлення з щелевидних індукторів з змінним зазором між верхнім та нижнім вітками для відповідних розмірів леміша при різних режимах наплавлення.

В даній роботі випробовування проводилися для двох режимів наплавлення. Перший режим одночасно по всій робочій поверхні леміша при постійній питомій потужності за час $\tau=32$ с., та при змінній за енергоощадним режимом наплавлення за час тожє 32с. Для порівняння витрат електроенергії за постійною питомою потужністю і змінною проводили відповідні розрахунки, різниця склала 0,64 кВт/год – затрати електроенергії на 1 деталь за 32с. Таким чином енергоощадний режим наплавлення підвищується на 10%, а економія електроенергії підвищується на 20% за рахунок більш сприятливого розпадів легованих елементів в наплавленому шарі.

Ключові слова: індукційне наплавлення, індуктор, спеціальна частина, економічний показник, санітарно-гігієнічні умови, освітлення, екологія, зносостійкі порошкоподібні матеріали, енергоощадний режим.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	8
1.1. Опис конструкції наплавленого виробу.....	8
1.2. Вимоги до конструкції виробу.....	12
1.3. Аналіз існуючих технологій (наплавлення)	14
2. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ.....	24
3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	41
3.1. Обґрунтування способу наплавлення (спосіб наплавлення, матеріали, обладнання)	41
3.2. Опис наплавленого технологічного процесу виготовлення виробу.....	57
4. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	60
4.1. Обґрунтування наплавленого пристосування.....	60
4.2. Розрахунок елементів наплавленого пристосування	60
4.3. Принцип роботи наплавленого пристосування	69
5. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	73
5.1 Розрахунок елементів наплавленого пристосування в програмі MathCAD.....	73
6. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	79
7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	86
7.1 Заходи для захисту від ураження електричним струмом в спроектованому цеху (дільниці)	86
7.2 Розрахунок штучного освітлення для спроектованого цеху з використанням люмінесцентних чи ламп розжарювання.....	89
7.3 Пожежна профілактика в спроектованій дільниці.....	91
7.4 Стійкість роботи підприємства в надзвичайних ситуаціях.....	93
8. ЕКОЛОГІЯ.....	95
8.1 Актуальність охорони навколишнього середовища.....	95

	6
8.2 Заходи зі зменшення забруднення довкілля.....	96
8.3 Забруднення повітря.....	98
ВИСНОВКИ.....	100
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	101
ДОДАТКИ.....	104

Вступ

Однією з найважливіших галузей сучасної зварювальної науки і техніки є наплавлення - нанесення розплавленого металу на поверхню деталі, яка нагріта до оплавлення. Наплавлений метал утворює одне ціле з основним металом і пов'язаний з ним металевими зв'язками вельми міцно і надійно. Із застосуванням наплавлення при виготовленні деталі на її поверхню можна нанести сплав, що володіє необхідним комплексом властивостей - зносостійкість, жароміцність, термостійкість, корозійну стійкість і т.п.

Найбільш широке застосування знаходить наплавлення при ремонті, так як вона полягає в відновленні швидкозношуваних деталей. Крім того, багаторазове відновлення зношених деталей за допомогою наплавлення також значною мірою полегшує затрати металу на виготовлення запасних частин. Збільшення терміну вузлів машин і механізмів особливо важливо, якщо від їх надійності залежить робота високопродуктивного обладнання, а заміна таких деталей пов'язана з тривалими простоями. Цим обумовлена велика економічна і технічна ефективність наплавлення в металургії, гірничодобувної та нафтохімічної промисловості, сільськогосподарському машинобудуванні та в багатьох інших галузях.

Для наплавлення, як і для зварювання, використовуються різні джерела нагріву і відповідні їм способи наплавлення. Однак в практиці зміцнення і відновлення деталей машин і механізмів різних галузях промисловості найбільш широко застосовуються механізована електродугове наплавлення під флюсом або відкритою дугою, електрошлакове, плазмова, індукційне наплавлення.

1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Опис конструкції зварювального виробу

В даній дипломній роботі виробом являється леміш. Він має прямокутну форму. Ширина 510 мм. Товщина основного металу складає 10 мм, а товщина наплавленого шару металу складає 1,5 мм.

Леміш призначений для використання з відвальними плугами а також володіє самозаточувальними властивостями, для нього характерно формування стійкої ріжучої кромки під час експлуатації.

Леміш (рис. 1.1), а також схематичне зображення (рис. 1.2) має високі експлуатаційні якості - стійкість до зношування й стирання, механічних пошкоджень і вигинів, високу ударостійкість.



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд леміша

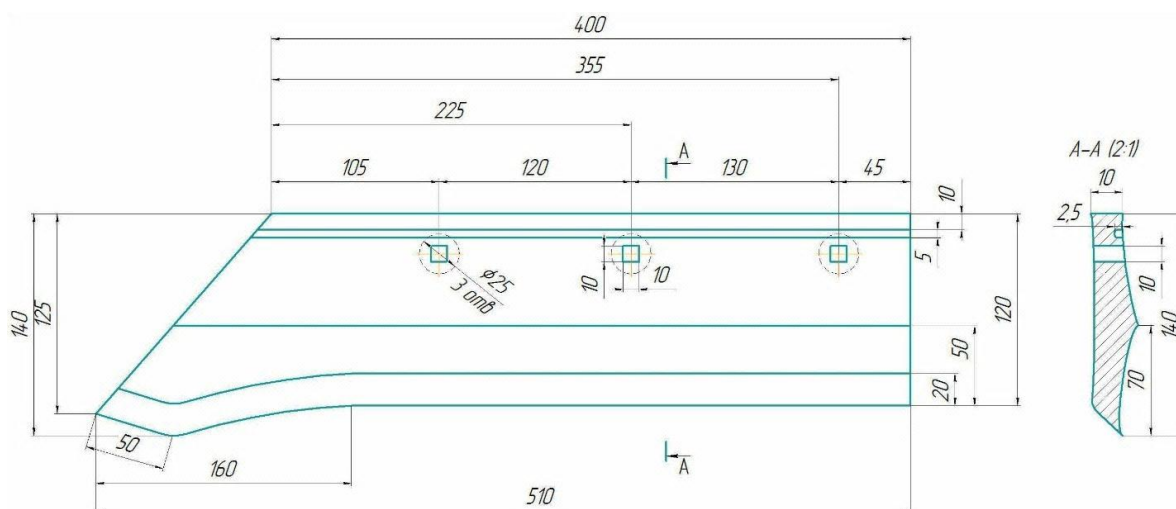


Рисунок 1.2 – Зображення леміша на кресленні

Найпростіший - це, мабуть, трапецеїдальний (рис. 1.3, а). Його дуже просто зробити і він оре рівне дно борозни, але дуже швидко приходить в непридатність і погано заглиблюється в землю. Його конструкція передбачає потовщення з нижньої частини леміші, завдяки чому його легко потім відремонтувати [1, с. 13].

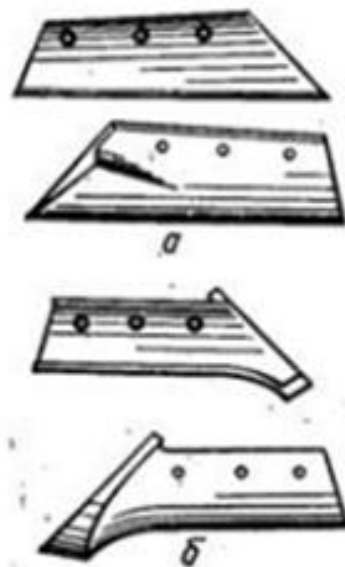


Рисунок 3.1 – Леміш плуга: а – трапецеїдальний; б – долотоподібний

Леміш знаходиться на корпусі плуга, які можуть бути призначені для ґрунтів, які нескладно обробити за допомогою плугів загального призначення, і плужні корпуси якими користуються при обробці необроблених ділянок.

У сучасному господарстві використовують трапецеїдальні леміші, долотоподібні, леміші з висувним долотом і вирізні леміші.

Всі лемішні плуги мотивовані по одній конструктивній схемі. Леміш заточують з нижньої сторони для прорізання ґрунту і його називають лезом (рис. 1.4). Носок леміша це його передня частина. Він заглиблюється корпусом в ґрунт і приймає на себе ґрунт, тому лезо леміша швидко зношується за певний період часу [1, с. 12]

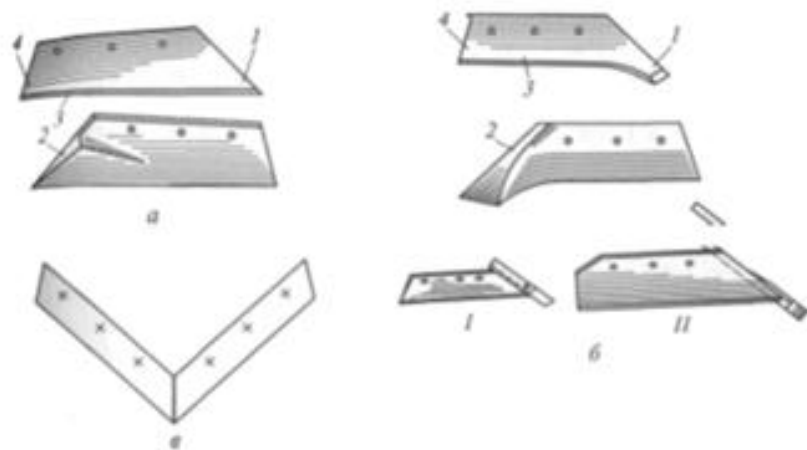


Рисунок 1.4 - Типи лемішів: а — трапецієподібний; б — долотоподібний (I — з привареним долотом; II — з висувним долотом); в — трикутний; 1 — носок; 2 — магазин; 3 — лезо; 4 — крило

Вони за формою подібні до трапеції. На відміну з долотоподібним він погано занурюється в ґрунт і швидше виходять з ладу.

Будова плугу представлена на (рис. 1.5). До нього входить: корпус 1, передня частина 3, ніж 4, ґрунтопоглиблювач 8. Допоміжною частиною плугу є: рама 6, начіпний пристрій 5, опорне колесо 7 з гвинтовим механізмом 2 [1, с. 10].

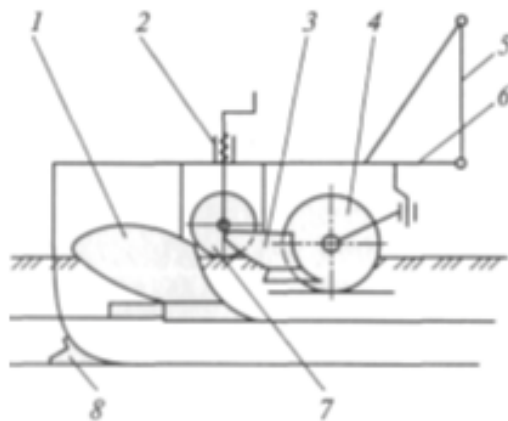


Рисунок. 1.5 - Загальна конструкція однокорпусного начіпного плуга: 1 — корпус плуга; 2 — гвинтовий механізм опорного колеса; 3 — передплужник; 4 — ніж; 5 — начіпний пристрій; 6 — рама; 7 — опорне колесо; 8 — ґрунтопоглиблювач

Представлений на (рис. 1.6) корпус складається з леміша 1, відвальної частина 2, стійки 3, нижньої частина 4.
[1, с. 11].

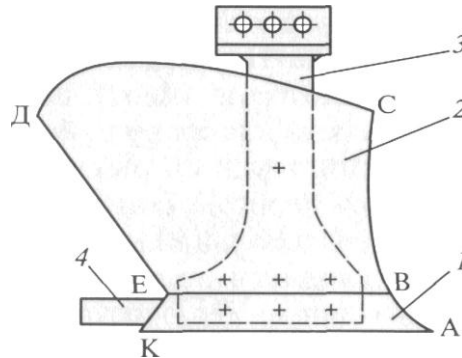


Рисунок 1.6 - Корпус: 1 — леміш; 2 — відвальна частина; 3 — стійка; 4 — нижня частина.

Для виготовлення леміша використовують сталь 45. Дана сталь являється конструкційною вуглецевою сталлю звичайної якості з регламентованим хімічним складом та механічними властивостями.

Сталь 45 має досить привабливі експлуатаційні якості і при цьому обходиться недорого. Саме тому вона застосовується в машинобудівній галузі в якості основного металу, також використовується для відповідальних зварювальних конструкцій.

У більшості випадків проводиться термічна обробка, яка дозволяє істотно збільшити експлуатаційні характеристики

Механічні властивості та хімічний склад сталі наведено в таблицях 1.1 і 1.2 відповідно [2, с. 102].

Таблиця 1.1-Механічні властивості Ст 45, у %, згідно ГОСТ 1050-88 [2,с.102]:

ГОСТ	Стан постачання	Переріз, мм	$\sigma_{\text{в}}$	$\sigma_{\text{т}}$	δ_5	ψ
			МПа		%	
1050-88	Прокат	до 80	600	355	16	40

Таблиця 1.2-Хімічний склад Ст 45, у %, згідно ГОСТ ГОСТ 1050-88 [2, с. 103]:

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
0,42-0,5	0,17-0,37	0,5-0,8	до 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,25	до 0,3	до 0,008

1.2. Вимоги до конструкції виробу

Леміш він має прямокутну форму. Ширина 400 мм. Товщина основного металу складає 6 мм, а товщина наплавленого шару металу складає 1,5 мм.

На його нижню поверхню для підвищення зносостійкості робіт наноситься шар сплаву товщиною 1,5 мм. В експлуатації леміша наплавлений метал на нижній стороні леміша зношується швидше. Загострення леза леміша зберігається, і його можна назвати самозагострювальним.

Термін служби самозагострювального леміша у умовах ґрунтообробного середовища у 2 рази більший.

Леміш працює в важких умовах ґрунтообробного середовища, та при складних динамічних навантаженнях, для його виготовлення потрібно дотримуватися якісних умов для наплавленого металу.

Можна віднести виріб до масового виробництва, тому для виготовлення доцільно використовувати більш вдосконалені технології та нові.

Матеріал за хімічним складом і механічними властивостями повинен задовольняти вимоги державних стандартів і технічних умов.

Якість і характеристика матеріалів повинна підтверджуватися підприємством у відповідних сертифікатах.

Вимоги які ставляться до матеріалів, їх межі застосування, призначення, дані умови мають бути на рівні стандартів ГОСТ та ДСТУ.

Додаткові умови до матеріалів, які передбачені стандартами або технічними умовами, мають бути обов'язково вказані в технічній документації.

Для виготовлення леміша використовується сталь 45 (ГОСТ 1050-88), яка нормується за хімічним складом і механічними властивостями, тому вона постачається вже з гарантованим хімічним складом і механічними властивостями.

Матеріал для наплавлення на поверхню леміша повинен бути більш міцний і твердий ніж основний метал і мати кращі механічні властивості, бути зносостійким, ущільнюючим і стійким до абразивного та фрикційного спрацювання. Покриття не має містити пор та інших дефектів та мати допустимий вміст шкідливих домішок, таких як сірка і фосфор.

Для отримання даних властивостей необхідно вибрати відповідний матеріал для нанесення покриття і оптимальні технологічні параметри.

Покриття повинно забезпечувати наступні властивості виробу:

1. Стійкість до абразивного спрацювання .
2. Покриття повинно бути корозостійке .
3. Товщина покриття повинна бути 0,5-1,5 мм.
4. Повинна забезпечуватись умова коефіцієнтів термічного

розширення:

$$|\alpha_{\text{покр}} - \alpha_{\text{осн}}| < 5$$

де, $\alpha_{\text{осн}}$ і $\alpha_{\text{покр}}$ – коефіцієнти температурного розширення основи і покриття.

5. Твердість покриття HRC 35-65 .
6. Пористість не більше 10%.
7. Шорсткість поверхні має знаходитись в межах Ra=0.32 мкм.
8. Габаритні розміри виробу з покриттям мають відповідати розмірам, вказаних в завданні.
9. Пористість має бути мінімальною.

Дотримання вимог до розмірів і форми виробу повинно забезпечуватися складально-зварювальними пристроями, які забезпечують необхідну точність виготовлення даного виробу.

Вибраний спосіб наплавлення повинен забезпечувати механічні властивості наплавленого металу не нижче норм, встановлених нормативно-технічною документацією. Корозійна стійкість основного і наплавленого металу повинна відповідати вимогам проекту або технічним умовам на виготовлення даного виробу.

1.3. Аналіз існуючих технологій (наплавлення).

Поряд із загальними характеристиками навантаженні і зношуванні, які властиві більшості зазначених робочих механізмів, існують також певні особливості експлуатаційних властивостей різних видів робочих органів (лап культиваторів, лемішів плугів, сферичних дискових робочих органів та ін.).

Аналогічно леміш плуга носова частина лапи в процесі експлуатації сприймає в 3-4 рази більшого навантаження (рис. 1.7) в порівнянні з лапою культиватора, викликаючи, відповідно, випереджаюче зношування леміша.

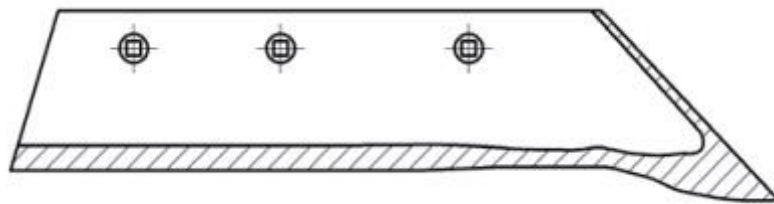


Рисунок 1.7 - Експлуатаційні властивості при зношуванні

Найбільше зношування леміша відбувається у носовій його частині, в результаті чого зникає долотоподібний виступ. Це пов'язано з найбільшим навантаженням цієї частини леміша. Гострі кути заднього кінця леміша при зношуванні закругляються внаслідок більш високої швидкості руху частинок ґрунту, оточуючі ці зони.

Деталі сільськогосподарської техніки, в даному випадку леміші працюють в абразивному спрацюванні.

Абразивний знос металів у великій мірі залежить від природи абразивних частинок і умов їх впливу за допомогою поверхнею металу.

Експерименти [3] показують що знос зазвичай залежить від відмінності твердості абразивних частинок і зношення матеріалу. Виняток становлять випадки, коли твердість абразивних зерен значно перевищує твердість матеріалу. Чим менше розрізняють твердості абразивних частинок і металу, тим нижче інтенсивність зносу.

Найбільш широко цим поняттям користується Михайло Хрущов [4], який вважає, що всякий процес зносу буде абразивним, тому що в будь-якому випадку продукти зносу є абразивними частинками, що сприяють процесу зносу.

В процесі абразивного спрацьовування деталей може вплинути:

- навколишнє середовище абразивних частинок;
- агресивність середовища;
- властивість спрацьованої поверхні;
- нагрівальна поверхня та інші фактори.

З метою підвищення різальних властивостей в процесі експлуатації використовують наступні способи зміцнення робочих поверхонь:

- армування. Цей спосіб призначений для нанесення валиків різної конфігурації і розташування або на всю передню поверхню леміша, або в області найбільш ймовірного зносу. Кращі результати показала технологія армування нанесенням валиків перпендикулярно обрізу носка. Останнім часом для збільшення ресурсу плужних лемішів знаходять методи армування які поверхонь контактують з абразивним середовищем поверхонь [5].

Розрізняють армування: наплавлюване; точкове термічне; пластичним деформуванням.

Підвищення довговічності плужних лемішів застосуванням технологічних методів збільшення зносостійкості може бути реалізовано також: нанесенням зносостійких покриттів, термічною обробкою.

При оранці на піщаних і супіщаних ґрунтах (часто з кам'янистими включеннями), що володіють інтенсивністю зношування до 400-600 г / га, відбувається закруглення носка, зношування леміша. Тому слід підвищувати

зносостійкість саме цих зон, де здійснюється комбінованим зміцненням плужних лемішів, що поєднує в собі нанесення валиків з термічною обробкою.

Запропоновано спосіб, що попереджає утворення цього дефекту, полягає в нанесенні наплавлених валиків в формі напівеліпса в зоні освіти зносу з наступною термообробкою. Як показали польові випробування, проведені технологічні дослідження впливу підвищення ресурсу у плугового лемішів за рахунок поліпшення механічних властивостей матеріалу, а, отже, зросла стійкість до абразивного зношування, напрацювання лемішів після армування на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах яка складала 17-19 га проти 9-11 га у нових деталей.

Відомий спосіб зміцнення лемішів, точковим термічним армуванням. Підвищення довговічності леміші досягається короткочасним високотемпературним впливом на матеріал леміші струму великої сили, що створює гартівні структури, що забезпечують зносостійкість. Дане армування спрощує технологію зміцнення і підвищує зносостійкість лемішів в 1,5-1,7 рази.

Точкове армування має деякі недоліки: зростання залишкових напружень знижує конструкційну міцність деталі; зниження ударної в'язкості; технологія відрізняється досить високою складністю, спосіб малопродуктивний [5].

Розроблено спосіб зміцнення поверхні леміша пластичною деформацією, який передбачає утворення на робочій поверхні зон наклепу. В результаті чого поверхнева твердість буде вище твердості основного металу. На решті поверхні леміша формуються зони наклепу у вигляді армованої сітки. В результаті цього робоча поверхня буде забезпечувати, що підвищення зносостійкості лемішів за рахунок створення стійкої природної форми зносу.

Армування пластичним деформуванням важко реалізувати в умовах сільськогосподарського господарства, так як форма лемішів ускладнює точну установку деталі при проведенні зміцнюючого впливу.

Армування має деякі недоліки, а саме: зростання залишкових напружень знижує конструкційну міцність деталі; технологія відрізняється досить високою складністю, спосіб малопродуктивний; затруднює виробничу реалізацію способу.

Зміцнення локальних зон має ряд недоліків: затрачається багато часу щоб робити точки; нерівномірна глибина проплавлення.

- спосіб керамічних пластин. Спосіб зміцнення леміша та його відновлення приварюванням керамічними пластинами на основі сталі марок X17H2 і X13M2 з карбідом хрому та титану шляхом наплавлення [6, с. 15].

В табл. 1.3 наведено карбіди сталей.

Таблиця 1.3 – Корозійна стійкість карбід-сталей

Номер зразку	Склад,%		Відносна густина, %	Корозійні властивості					
	сталь	Cr ₃ C ₂		30% - Na OH		3% - Na Cl		20% - HNO ₃	
				мм/рік	бал	мм/рік	бал	мм/рік	бал
1	X13H2	15	0,93	-	10	0,33	3	0,11	4
2	X13H2	22,5	0,95	0,41	3	-	10	0,06	4
3	X13H2	30	0,97	0,03	4	0,59	2	0,31	2
4	X17H2	7,5	0,99	0,00	10	0,14	2	0,81	2

При збільшенні зносостійкості зростає вміст карбіду, який може привести до збільшення частинок, та взаємодії з основою до подрібненого розміру металічної фази. Дана технологія забезпечує міцне з'єднання керамічних пластин і леза леміша, який представлений на (рис.1.8), а спосіб дозволить довше зберегти долотоподібну конфігурацію леміша.

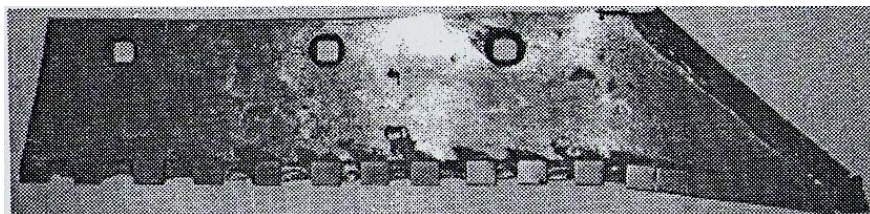


Рисунок 1.8 – Вигляд леміша, який армований металокерамічними пластинами

Карбідосталі на основі X13M2 мають хорошу зносостійкість в 1,7-2,9 рази вищу, на відміну від карбід сталі X17H2-Cr₃C₂. Це можливо пояснити 1,8% молібдену, який збільшить кількість хрому і призведе до збільшення його концентрації у приповерхневому шарі, що підвищить його зносостійкість.

Порошкові тверді сплави, які складаються з твердих тугоплавких сполук розподілених вершині матриці з металічними частинами заліза. Карбідосталі за своїми властивостями є між твердим сплавом і інструментальними сталями.

- спосіб наморожуванням. Наплавлювання наморожування може складатися з подальших операцій: плавлення присадкового металу; підготовлення флюсу; активація поверхні, на яку наплавляється; наплавлення на робочу частину леміша; охолодження після наплавлення леміша; перевірка контролю якості. Наплавлення присадкового матеріалу здійснюється за допомогою індукційної печі типу ICT-0,15 або ICT-0,22, які виготовлені з жароміцних матеріалах на основі бору або кремнію, або графіту. Наморожування полягає в наступному. Після активації на поверхню нагрітої деталі розміщують в певну форму, яка забезпечує певне розташування зміцнюваної поверхні під кутом 0-76°. Шлях розплавленого металу потрапляє на зміцнену поверхню і після того стікає в нижню частину певної форми, змиваючи флюс який залишився та заповнює подальшу порожнину певної форми.

Зносостійкі матеріали для наплавлення наморожуванням мають фізико механічні властивості, а саме: твердість 45 HRC, ударна в'язкість яких складає 42-68 кДж/м².

В даному способі наморожуванням з порошкоподібного матеріалу ФМ-2 формується рівномірне по товщині покриття з розподілом даних на (рис. 1.9) елементів. Товщина зони сплавлення близько 11 мкм [7].

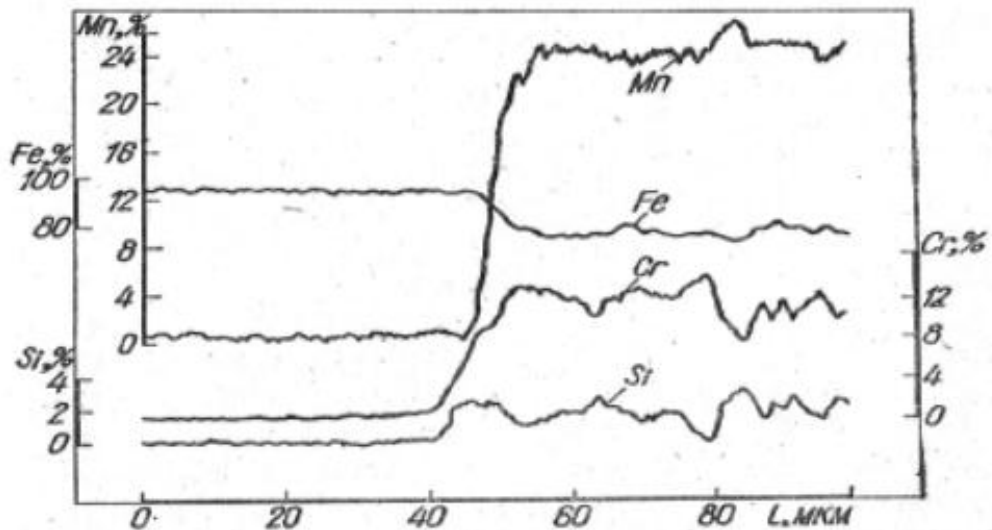


Рисунок 1.9 – Розподілення елементів по глибинні покриття на сталі 45, отриманого зі сплаву ФМ-5 методом наморожування

Наморожування має ряд певних недоліків, а саме: необхідність складного, габаритного обладнання (шаблонів, установок, спеціальних форм); складність наплавлення шарів малої товщини.

- точкове зміцнення. Суть даного процесу зміцнення полягає в наступному: методом макрокраплення твердого сплаву здійснюється зміцнення для робочих органів ґрунтообробних машин та механізмів, які швидко підлягають зношуванню. Точки зміцнення утворюються за допомогою швидкого введення в основний метал деталі певної кількості теплоти, яка необхідна для проплавлення конусного кратеру який представлений на (рис.1.10), наповнення його розплавом з основного металу і твердого сплаву та утворення точки. Висоту даної точки зміцнення вибираємо в залежності від призначення сільськогосподарської техніки та його робочого органу [8, с. 178].

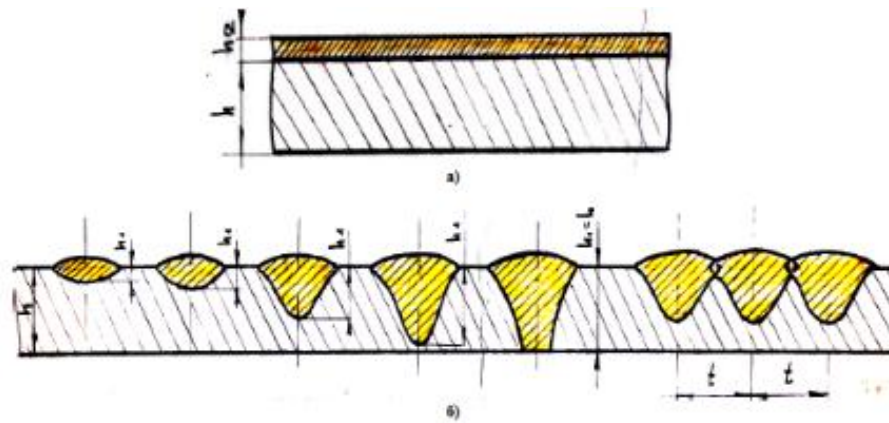


Рисунок 1.10 – Геометричні форми напавленої зони при напавленні:
 а) струмом високої частоти (СВЧ); б) дугове точкове зварювання (ДТЗ) порошковим дротом – плавким електродом; де h – товщина основного металу; h_1 – глибина напавлення; h_2 – висота напавлення; t – крок постановки точки.

Для порівняння випробувань використовували серійні леміші напавленні сормайтотом, які представлені на (рис. 1.11) і (рис. 1.12).

Як показано, що серійні леміші в процесі експлуатації підлягають зношенню носовій частини леміша і при напрацюванні 36,3 га (рис. 1.11) і 87,5 га (рис. 1.12) спостерігаємо його затуплення. [8, с. 180].

Відносна зносостійкість серійного лемішів представлена на (рис. 11).



Рисунок 1.11 Леміш ПНЧС – 604 серійний номер



Рисунок 1.12 - Леміш ПНЧС – 605 серійний номер

На (рис. 1.13) представлена відносна зносостійкості леміша побудованого за графіком.

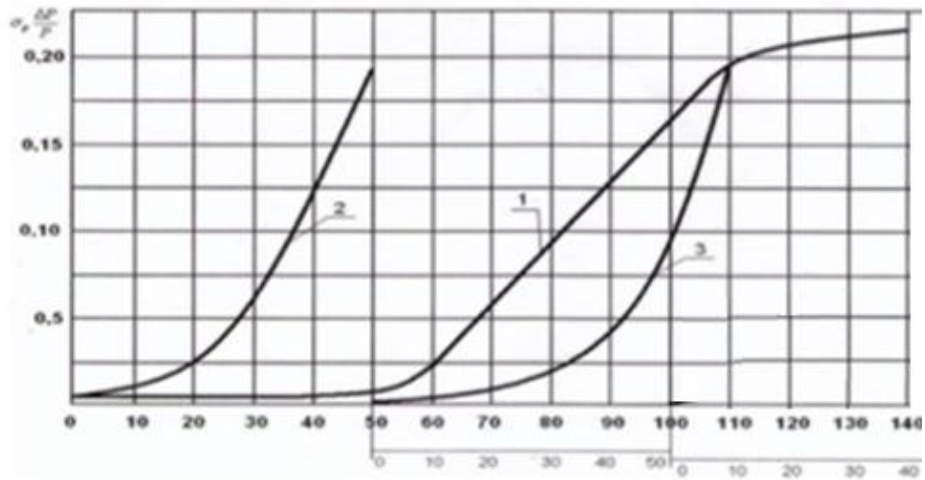


Рисунок 1.13 – Відносний знос серійного та зміцненого лемішів:

1 – леміш з точковим зміцненням; 2 – серійний леміш 604;

3 – серійний леміш 605

Точкове зміцнення має ряд недоліків: нерівномірне нагрівання металу, при якому виникають деформації; нерівномірна глибина проплавлення.

Наплавлення за методом Ростовського-на-Дону. Метод заснований на використанні струмів високої частоти для нагріву основного металу і розплавлення присадкового матеріалу, в якості якого використовується спеціальна порошкоподібна шихта.

Шихту наносять на наплавлену поверхню шаром певної товщини, яка залежить від потрібної товщини наплавленого металу. Потім деталь з нанесеним шаром шихти закладають в спеціальний індуктор, який живиться від високочастотної установки, як це робиться при індукційному загатровуванні.

Будова індуктора і розміщення в нього деталі залежить від зміцненої зони (рис. 1.14). Джерел живлення служать лампові високочастотні установки типу ЛЗ с частотою 70 кгц [17, с. 16].

При проходженні струму високої частоти через контур індуктора в поверхневих шарах основного металу індуктуються високі струм, і зовнішній

шар металу швидко розігрівається. Шар шихти, розташовані між індуктором і нагріваемою поверхні, в зв'язку з високим опором металевим порошком погано реагує на вплив змінного електромагнітного поля.

У зв'язку з цим температура плавлення шихти повинна бути нижче початку плавлення основного металу, а швидкість підведення тепла до нагріваемою поверхні повинна бути значно більше швидкості його відводу в глибину виробу і втрат в навколишнє середовище.

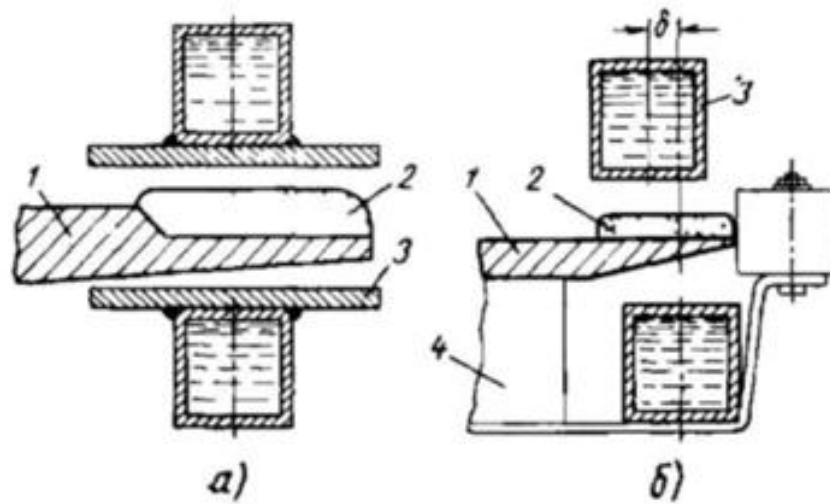


Рисунок 1.14 – Схема розташування наплавленої деталі в кондуктор
а – при наплавленні леміша; б – при наплавленні лапи культиватора.

1 – виріб; 2 – наплавлена шихта; 3 – індуктор; 4 – пристосування

Часто приймається термін «підготовчі роботи перед наплавлюванням» можна зрозуміти як зміцнення деталі геометричних форм і розмірів в відповідність з конструктивними вимогами.

Аналізуючи розглянуті вище способи зміцнення плужних лемішів можна зробити висновок, що технологічні методи мають ряд недоліків з порівняно з індукційним наплавленням.

Також для підвищення ресурсу роботи експлуатаційних властивостей деталей сільськогосподарських машин застосовують індукційне наплавлення.

Перелік вище вказаних способів мають певні недоліки на відміну від індукційного наплавлення, а саме:

- потрібні додаткові операції, що може створити певні труднощі при реалізації технологічного процесу;
- виникнення залишкових напружень, що знижує конструкційну міцність деталі;
- затрачається багато часу, щоб наплавити точками по всій ширині деталі;
- нерівномірна глибина проплавлення.
- технологія відрізняється досить високою складністю, спосіб малопродуктивний;
- низька стабільність товщини шару наплавленого металу..

2. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

Як було відмічено в розділі 1 для обробітку ґрунту широке застосування знайшли долотоподібні леміші робочі поверхні яких наплавляють порошкоподібними твердими сплави з використанням струмів високої частоти. Для вдосконалення режиму індукційного наплавлення долотоподібні лемішів з економною витратою енергії в роботі [9] було розроблено програмне забезпечення режимів та запропонована технологія з використанням щелевидних індукторів з перемінним зазором між верхнім та нижнім вітками для відповідних розмірів лемішів, який представлений на (рис. 2.1).

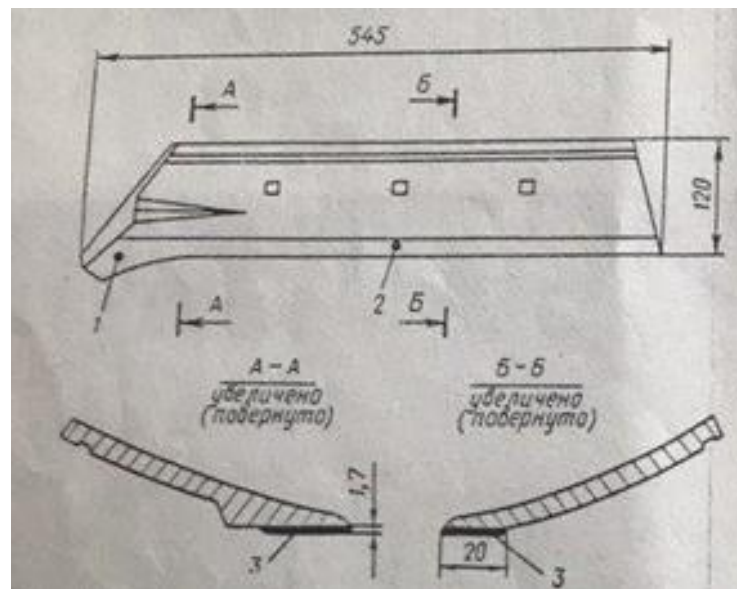


Рисунок 2.1 – Долотоподібний леміш ґрунтообробних плугів:
1 і 2 – точки вимірювання температури; 3 – наплавлений шар

Вивчення кінетики нагріву долотоподібних лемішів в цих індукторах показало, що із перемінної товщини лемішів його лезо і «долото» нагрівається з не однакою швидкістю (рис. 2.2). В момент коли поверхня «долота» нагрівається до температури плавлення твердого сплаву, який наплавлюється на леміш, температура поверхні леза виявляється на $200...250^{\circ}\text{C}$ вищою за температуру плавлення твердого сплаву. Це означає, що наплавлення леза здійснюється при температурі близької до температури плавлення основного

металу. Як наслідок знижується міцність основного металу і зносостійкість наплавленого шару.

В роботі [9] також з метою вирівнювання швидкості нагріву окремих частин леміша, були розроблені індуктори, які дозволяють проводити нагрівання леза і долота леміша з різною інтенсивністю.

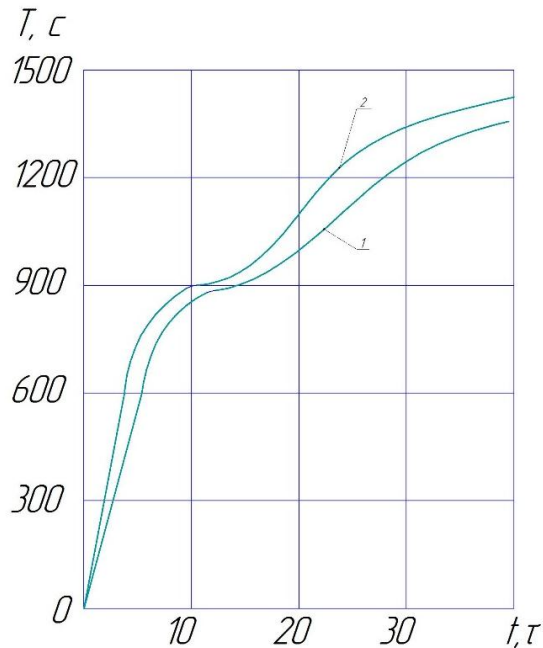


Рисунок 2.2 – Зміни в часі температури нагрівання наплавленої поверхні: 1 – «долота» леміша; 2 – лезо

Також було показано, що після нагрівання основного металу до температури плавлення твердого сплаву, наплавленого на леміш необхідно зменшити потужність генератора, а після цього, в процесі наплавлення, знижувати її по певній програмі – з метою одержання якісного наплавленого шару. З метою дослідження цієї технології використано високочастотний генератор ВЧГЗ-160/0,066, який призначений для технологічних процесів індукційного нагріву деталей машин і інструменту при різних технологічних операціях і який був оснащений програмним пристроєм. Вихідну потужність генератора регулювали шляхом зміни анодної напруги [9].

Нами експериментально встановлено, що у випадку використання індуктора з паралельними вітками, необхідна якість наплавленого шару

досягається при ступінчатій зміні параметрів режиму наплавлення які наведені в (табл. 2.1).

Для наплавлення лемішів використовували сплав марки ПГ-УС25. На першому ступені встановлювали максимальну вихідну потужність генератора. Час нагрівання на цій ступені вибирали так, щоб температура всієї зміцнювальної поверхні досягала температури плавлення твердого сплаву. На другій ступені вихідна потужність генератора знижувалась, так забезпечувався мінімальний підігрів основного і наплавленого металу.

Таблиця 2.1 Ступені регулювання параметрів режиму наплавлення

Ступені регулювання параметрів режиму наплавлення	Час нагрівання, С	Анодний струм, А	Струм сітки, А	Анодна напруга, кВ
1	18	14,0...16,0	2,2...2,3	9,5...11,0
2	11	12	2,0	9

Зменшення інтенсивності нагрівання на стадії наплавлення порошкоподібного сплаву ПГ-УС25 з використанням індуктора (рис. 2.3) з двома паралельними вітками виключає перегрівання основного металу і забезпечує перегрівання основного металу. При такому режимі забезпечується автоматичне наплавлення лемішів.

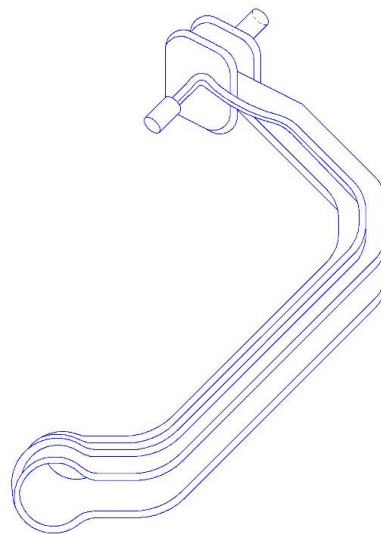


Рисунок 2.3 - Індуктор з паралельними вітками

Енергоощадний режим наплавлення є основним і визначальним за продуктивністю і економічністю процесу. Він визначається потужністю високочастотних установок, товщиною необхідного шару наплавленого металу. Бажано, щоб процес наплавлення проходив при мінімальному підігріві основного металу. Шар порошкової шихти має дуже низький коефіцієнт теплопередачі.

Потрібно відмітити, що при індукційному напавленні температура основного металу повинна бути вищою за температуру плавлення твердого порошкоподібного сплаву (шихти).

Ефективність даного процесу наплавлення лемішів оцінювали по затратах електроенергії. Потужність яку споживає генератор, вимірювали за допомогою перетворювача потужності ПО22, який має вихід на самопишучий вольтметр [9, с. 73].

Потужність, яка витрачається на одну деталь розраховували за формулою:

$$W = \frac{C_{\text{пр}}}{3600} \left(\frac{1}{2} N_0 + N_1 + N_2 + \dots + N_i + \dots + N_{n-1} + \frac{1}{2} N_n \right) [\text{Вт} \cdot \text{г}],$$

де $C_{\text{пр}} = \frac{UI}{U_B} K_{\text{тр}} n$ – постійна перетворювача потужності $\frac{\text{Вт}}{\text{мВ}}$;

U – номінальна напруга, В;

I – номінальний струм, А;

U_B - номінальна напруга на виході перетворювача потужності, мВ;

$K_{\text{тр}}$ – коефіцієнт трансформації трансформаторного струму;

n – число фаз;

N – миттєві показники вольтметра, мВ.

Економія електроенергії при індукційному напавленні леміша за програмним режимом складає 18% в розрахунку на одну деталь, в порівнянні з традиційною технологією наплавлення.

Розміри на зразках показали, що товщина і ширина наплавленого шару відповідає вимогам креслення. Твердість наплавленого шару металу знаходиться на рівні HRC 53...56 для сплаву ПГ-УС25.

В роботі встановлено, що при наплавленні без регулювання параметрів режиму на долю евтектичної зони зазвичай припадає 48...57% товщини наплавленого шару, за евтектичної – 10...13%, до евтектичної 29...32%.

Було також показано, що якщо відносну зносостійкість металу за евтектичної зони прийняти за одиницю, то для евтектичної зони цей показник буде рівний для твердого сплаву ПГ-УС25 0,73, а доевтектичної 0,61. Степінь розвитку окремих структурних зон залежить в основному від температурного режиму наплавлення.

Таким чином, зменшення інтенсивності нагріву основного металу на стадії плавлення твердого сплаву при використанні індуктора з паралельними вітками дозволяє отримати структуру, яка відповідає ступеню повного розплавлення. При цьому на 17-22% збільшується протяжність евтектичної зони, а відповідно підвищується зносостійкість наплавлених деталей і завдяки чому проплавлення основного металу виключаються.

У зв'язку із зміною в сільськогосподарському виробництві конструктивних розмірів долотоподібних лемішів, який показаний на (рис. 2.4) виникла необхідність в застосуванні інших енергоощадних режимів наплавлення з економною витратою електроенергії.

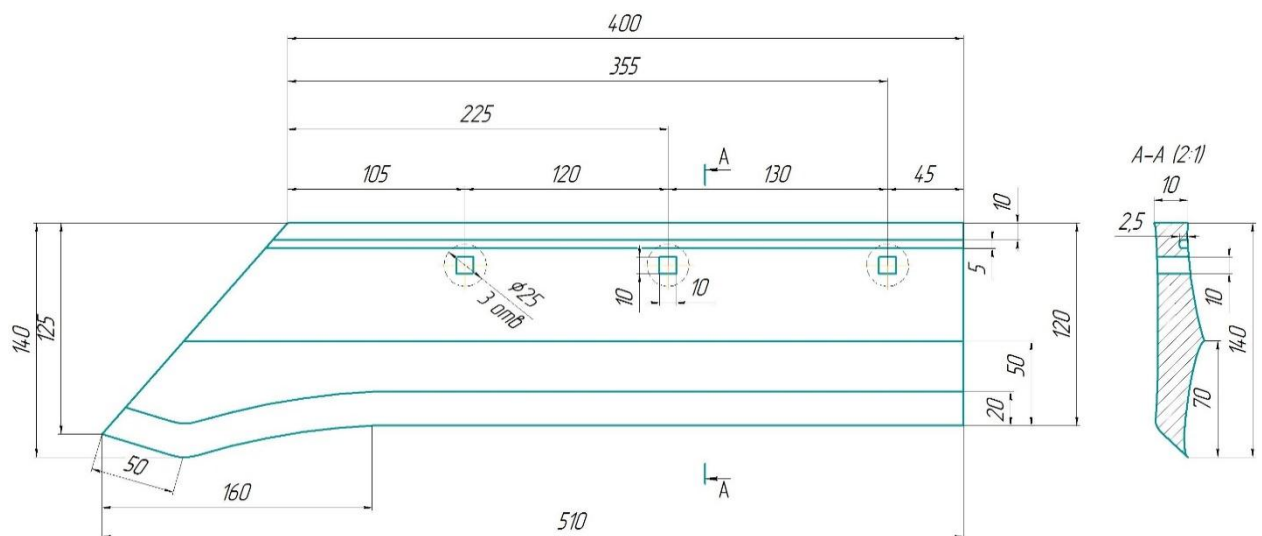


Рисунок 2.2 – Долотоподібний леміш для ґрунтообробних плугів

Як показали дослідження, використання двоступінчастого режиму наплавлення лемішів з економною витратою енергії призводить до швидкого виходу генераторів з ладу, що пов'язано з частим перемиканням з однієї потужності на іншу під час наплавлення деталі. Для усунення цього недоліку було запропоновано використати енергоощадний режим наплавлення, тобто плавне нарощування потужності по експоненціальному закону без перемикання генератора, за час наплавлення, що дозволяє також економити електроенергію на 15...25% в залежності від типу використання наплавлених матеріалів і має вигляд [12, 2 с.]:

$$W = \frac{T_{zg} \cdot \lambda_g \cdot m}{Sh(a \cdot m \cdot \tau)} \cdot e^{amt} \quad (2,1)$$

де, T_{zg} – температура при якій плавиться порошкоподібний твердий сплав;

λ – теплопровідність матеріалу плоскої сталеві деталі;

m – безрозмірна стала величина;

$$m = \frac{Bi\delta}{\delta^2} = \frac{\alpha}{\lambda\delta};$$

$Bi = 2hk$ – критерій Біо, $2h$ – товщина виробу;

k – коефіцієнт, який враховує тепловіддачу з поверхнею напавленого матеріалу;

$$k = \frac{\alpha}{\lambda};$$

δ – товщина плоскої деталі;

α – коефіцієнт тепловіддачі для зносостійкого напавленого матеріалу;

a – температуро провідність;

sh – гіперболічний синус;

τ – час наплавлення;

e – основа натурального логарифму;

t – біжучий час.

В даній роботі випробовування проводилися для двох режимів наплавлення. Перший режим [13, с. 48] одночасно по всій робочій поверхні леміша при постійній питомій потужності в часі і при змінній за час $\tau = 32$ с. формула (2,2) по всій робочій поверхні за допомогою індуктора (зразок А і відповідно Б табл. 2.2) від генератора ВЧГ 3 -160/0,066 при напрузі на контурі – 5,0 кВ, анодні напрузі – 9 кВ, струмі джерела лампи - 1,87 А, струмі анода лампи – 1,52 А, час наплавлення по всій робочій поверхні леміша складає 32 с, при постійній питомій потужності на індукторі протягом всього часу.

$$W = \frac{T_k \cdot \lambda_g \cdot m}{1 - e^{-a \cdot m \cdot \tau}}; \quad (2,2)$$

За другим варіантом зразок Б наплавлення здійснювали одночасно по всій робочій поверхні леміша від генератора типу ВЧГ 3-160/0,066 за енергоощадним режимом [13, с. 48] при змінній питомій потужності в часі формула (2,1) з використанням щелевидних індукторів з перемінним зазором між верхніми та нижніми вітками. Початкові дані для генератора складали: напруга на контурі – 3,3 кВ, анодна напруга – 12,6 кВ, струм джерела лампи – 0,8 А, струм анода лампи – 2,1 А, час наплавлення по всій робочій поверхні леміша складає 32 с, і відповідно кінцеві параметри 8,3;11;1,6;5,4 (див. в табл. 2.2).

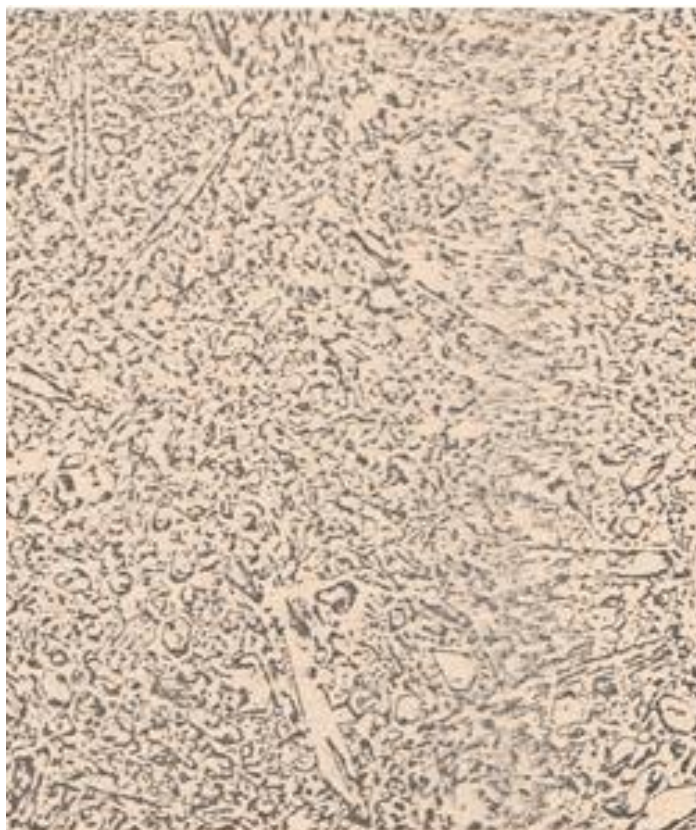
Таблиця 2.2 - Схеми розміщення вітків індуктора і режими наплавлення досліджуваних зразків

Позначення зразка	Схема наплавлення	Режим наплавлення						Характеристика зміни потужності індуктора $W \cdot 10^{-9} \text{ Вт/м}^3$
		Напруга на контурі, кВ	Анодна напруга, кВ	Струм джерела лампи, А	Струм анода лампи, А	Час наплавлення, с	Генератор	
А		Постійні				32	ВЧГ 3-160/0,066	
		5,0	9,0	1,87	1,52			
Б		Змінні				32	ВЧГ 3-160/0,066	
		початкові чисельник (t=0)		кінцеві знаменник (t=32)				
		$\frac{3,3}{8,3}$	$\frac{12,6}{11}$	$\frac{0,8}{1,6}$	$\frac{2,1}{5,4}$			
1 – індуктор, 2 – твердий сплав, 3 – леміш								

Мікроструктура наплавленого металу отриманого за технологією при $W=\text{const}$ зразок А формула 2.2 складається із γ – твердого сплаву розчину карбідної евтектики і виділення первинних карбідів (на основі хрому), які представляють собою досить великі пластини прямокутної або ромбовидної форми. На (рис. 2.2, б) показано структуру основного металу, а також білу смужку. На (рис. 2.2, а) показано структуру наплавленого металу. Прямокутні і ромбовидні виділення карбідів різної дисперсності досить рівномірно розподілені в матриці. З сторони наплавленого металу до межі розділу примикають скупчення карбідної евтектики [13, с. 51].

Межа розділу між основним і наплавленим металом (у вигляді білої смужки) має ширину, яка знаходиться в межах і 19-22 мкм. Мікротвердість структурних складових карбідів – 12130...13950, матриці – 5720, границя розділу в зоні наплавлення – 4590...3270, Н/мм². По краях наплавлення структура складається з суміші карбідів різної дисперсності, при цьому первинні великі пластичні карбіди відсутні.

Структура металу зразка Б відрізняється від структури А. Вона складається з карбідів хрому різної форми і евтектичних виділення дисперсних карбідів. Одною особливістю виділення дисперсних карбідів в наплавленні є хвилеподібний характер їх виділення представлений на (рис. 2.3).



а



б

Рисунок 2.2 – Мікроструктура наплавленого зразку А при постійній потужності а – наплавлений шар X 200; б – перехідна зона X 200.

Ст. 45 + ПГ-УС25



а



б

Рисунок 2.3 – Мікроструктура наплавленого зразку Б при змінній потужності: а – наплавлений шар X 200; б – перехідна зона X 200.

Ст. 45 + ПГ-УС25

Мікроструктуру досліджуваних зразків вивчали на приладі НЕОФОТ-32. Травлення зразків, наплавлених стійким проти спрацювання сплавом ПГ-УС25 виконували електролітичним способом в хромовій кислоті-напругою 18 В, час витримки $t = 7$ с.

Крім того ширина білої смужки зразку Б менша (10,4-15,6 і 13-15,6 мкм), ніж у зразку А. Результати дослідження зразку Б показали, що по структурі і за величиною (табл. 2.3) він практично однаковий з зразком А.

Характеристика мікротвердості структурних складових зразків А і Б приведені в (табл. 3.2).

Таблиця 2.3 Характеристики мікротвердості структурних складових (карбіди хрому, матриця, біла смужка)

Позначення зразків	Мікротвердість структурних складових, Н/мм ²		
А	12880.15000	4370...4640	3270...3570
Б	15320...17820	4550...5140	3220...3570

Структура металу по краях наплавлення по ширині білої смужки практично не відрізняється від структури зразків А і Б. Мікротвердість карбідних частин металу наплавленого зразка Б в порівнянні з зразком А вищий (табл.2.3).

Діаграма твердості за зразками А і Б представлена на (рис. 2.5). Випробовування проводили на машині НК-М. Умови випробувань були наступні: абразивокварцевий пісок за розміром частини 0,3...0,5 мм.; шлях тертя складав 400 м; тиск становив 0,466 МПа; еталон - сталь 45. Зразок Б, який представлений на (рис. 2.5) має більшу зносостійкість на відмінну від зразка А.

Для проведення досліджень на машині НКМ були виконані спеціальні зразки як показано на (рис. 2.4).

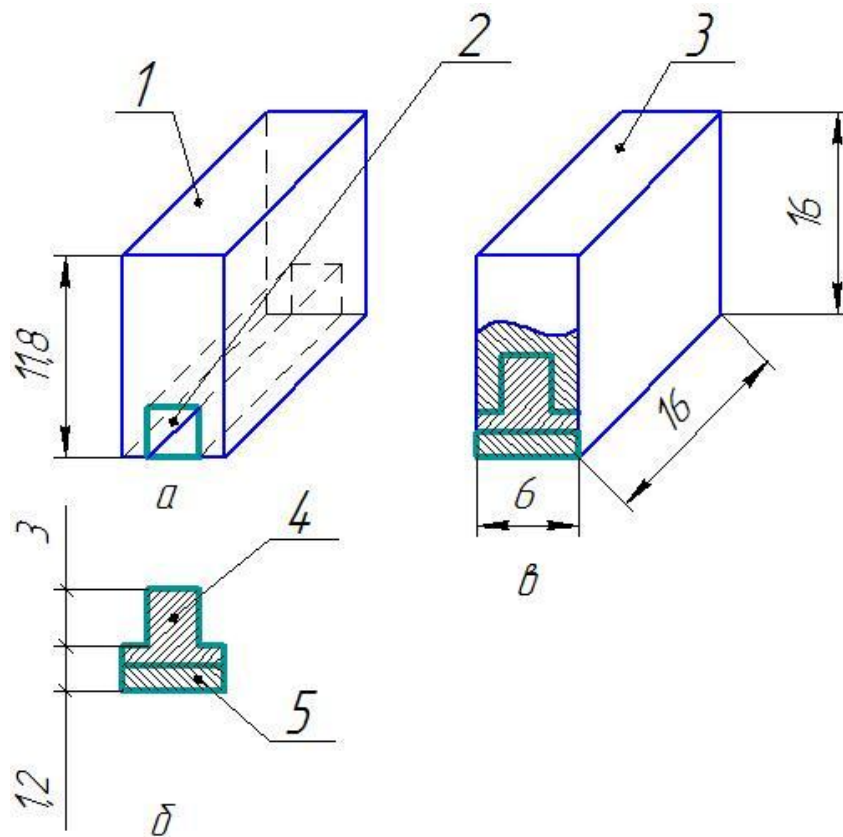


Рисунок 2.4 – Зразки для випробувань зносостійкості: а) - прямокутна заготовка; б) Т подібна вставка з основним і наплавленим металом; в) – готовий зразок для випробувань на машині НК-М: 1 – заготовка; 2 – проріз; 3 – готовий зразок; 4 – основний метал ; 5 - наплавлений метал

Машини НК-М призначена для випробування на зношення при терті металу по метал через абразивний прошарок. Для зразків А і Б твердість складає 800 ± 70 HV і 900 ± 90 HV. Випробування зразків проводилися за спеціальною методикою в Інституті електрозварювання ім. Е.О. Патона на машині НК-М.

Вона має три доріжки тертя (у вигляді матеріалу кілець з міді), по яких одночасно випробується за рівними умовами з незалежними навантаженнями шести зразків. Зразки мають розміри 16-16-6 мм, тертя здійснюється по площині з розміром 16-6 мм.

На (рис. 2.5) представлені діаграми відносної зносостійкості наплавлених зразків. Як представлено на (рис. 2.5) зразок Б має більшу відносну зносостійкість і твердість по відношенню зразка А [13, с. 53].

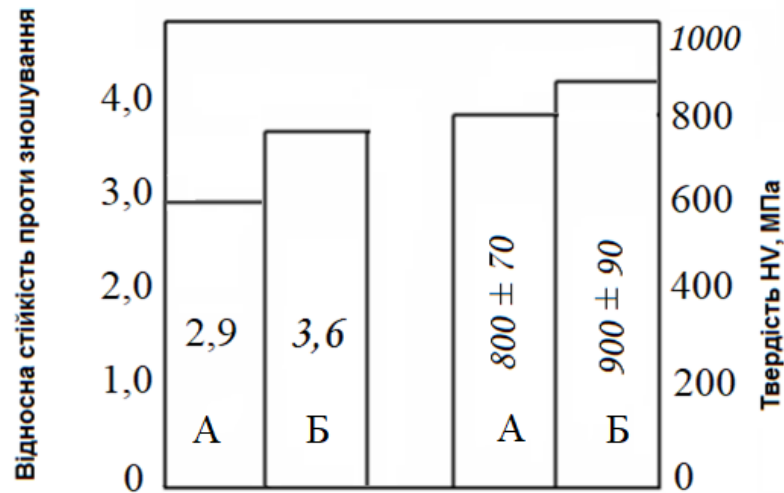


Рисунок 2.5 – Відносна зносостійкість і твердість зразків А і Б

Для порівняння витрат електроенергії за постійною питомою потужністю і змінною проводили відповідні розрахунки.

Розрахунок економії електроенергії [13, с. 55] на 1 деталь в нагрівальній системі в (табл.2.2).

а) $9,0 \cdot 1,52 \cdot \frac{230}{3600} = 0,87$, кВт/год – затрати електроенергії анодної напруги при постійному струмі;

б) $12,6 \cdot 2,1 \cdot \frac{32}{3600} = 0,23$, кВт/год – затрати електроенергії за енергоощадним режимом;

Різниця складає $0,87 - 0,23 = 0,64$ кВт/год – затрати електроенергії на 1 деталь для здійснення процесу наплавлення за 32с.

де 9,0 – анодна напруга генератора при постійному струмі, кВ;

1,52 – струм анодної лампи генератора при постійному струмі, А;

де 12,6 – анодна напруга генератора при змінному струмі, кВ;

2,1 – струм анодної лампи генератора при змінному струмі, А;

час нагрівання $\tau = 32$ с.

1 год = 3600 с.

За енергоощадним режимом затрачається менше електроенергії на одну деталь.

Таким чином зносостійкість наплавлених зразків А по відношенню до Б (за енергоощадним режимом) підвищується на 10%, а економія електроенергії підвищується на 20% за рахунок більш сприятливого розпадів легованих елементів в наплавленому шарі, а економія електроенергії досягнуто за рахунок зменшення теплових втрат в навколишнє середовище.

За результатами теоретичних досліджень і експериментальних даних на (рис. 2.9) представлені графічні залежності потужності та температури в зоні наплавлення за відповідний час для випадку наплавлення порошкоподібним твердим сплавом ПГ-УС25 на леміш плуга зі сталі Ст45 [14, с. 391].

$W \cdot 10^4, \text{ Вт/м}^2, T \cdot 10^2, \text{ }^\circ\text{C}$

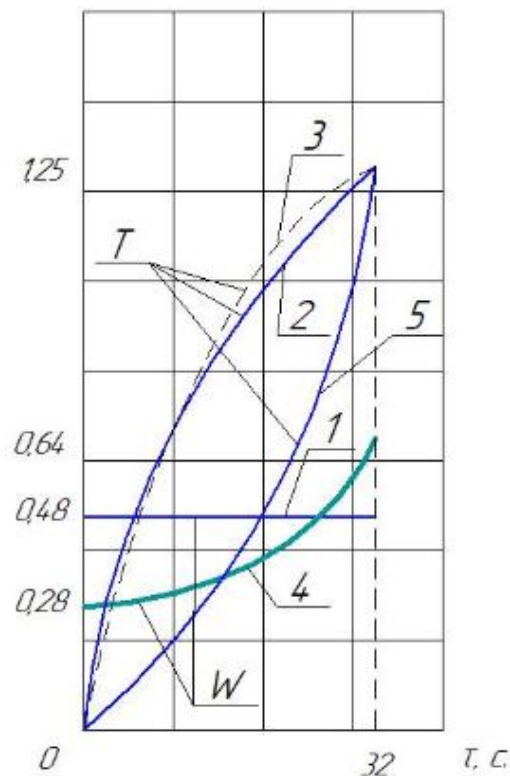


Рисунок 2.9 – Потужність і температура в зоні наплавлення залежно від часу:

- 1,2 – постійна питома потужність і відповідно її температура 2;
- 3 – експериментально визначена температури при тій же постійній питомій потужності; 4,5 – енергоощадна потужність і відповідно її температура 5

Для дослідження відносної зносостійкості можна використати також діаграму Хрущова – Бабичева, яка представлена на (рис. 2.6). Де зображено залежність відносної зносостійкості (e) різних матеріалів від їх твердості за Віккерсом (HV) а також дозволяє повести порівняльну оцінку зносостійкості матеріалів при абразивному зношуванні [10].

Діаграма відображає залежність відносної зносостійкості (що була визначена відносно еталонного змазку з Pb) і визначає у скільки разів зносостійкість випробуваних матеріалів є вищою. За цією діаграмою абразивна зносостійкість матеріалів прямопропорційна твердості, що було неодноразово підтверджено випробуваннями технічно чистих металів, і, також ряду неметалевих речовин. Згодом було визначено, що найбільш чітка кореляція для широкого кола металевих та неметалевих матеріалів існує між модулем пружності та відносною зносостійкістю.

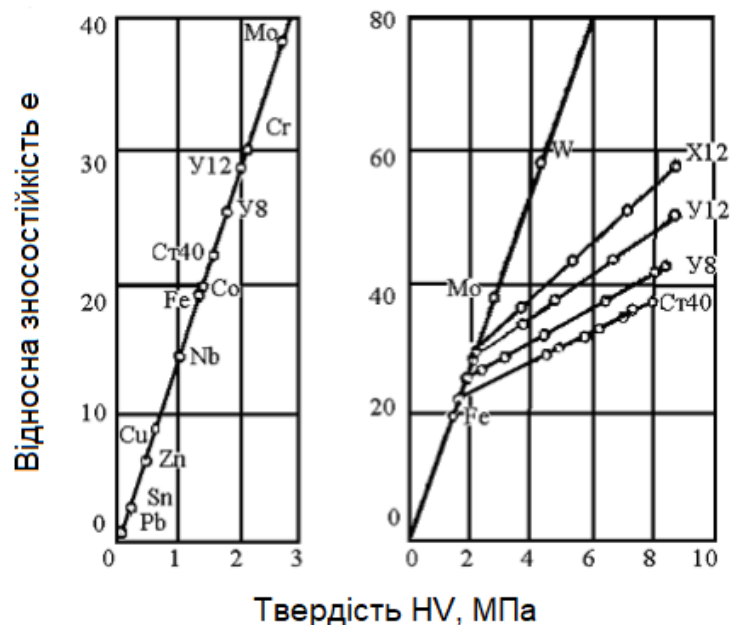


Рисунок 2.6 - Діаграма Хрущова – Бабичева залежність відносної зносостійкості

Утворення легованого шару зносостійкості за діаграмою представленої на (рис. 2.7) Ні склало у 1,58 рази вища, за сталь 45. А зносостійкість наплавленого шару за діаграмою Cr перевищує 1,13 рази вище за сталь 45[11].

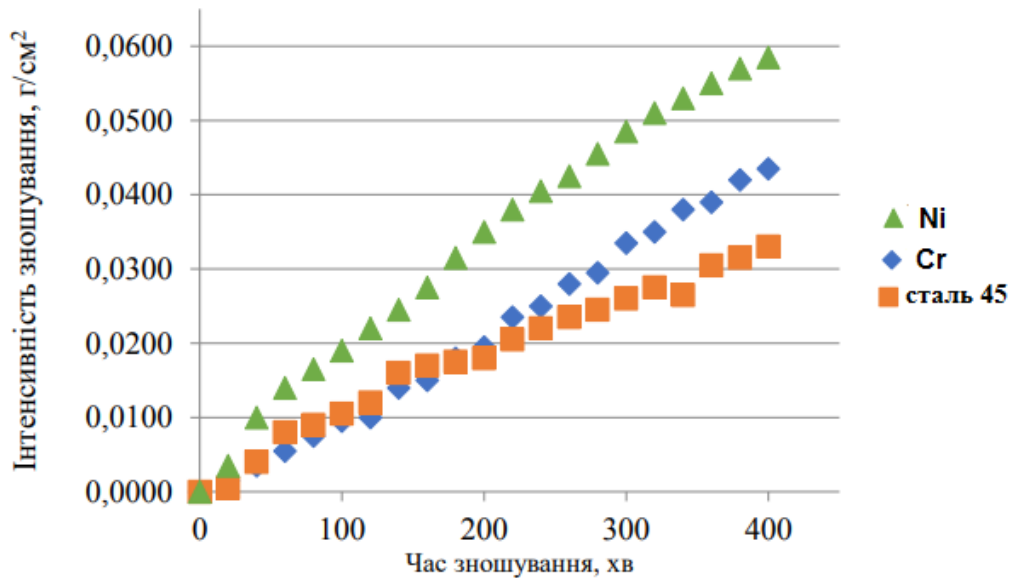


Рисунок 2.7 – Інтенсивність зношування поверхні шару сталі 45 після легування Ni та Cr

На рисунку (рис. 2.8) представлена діаграма мікротвердості у при поверхневій зоні легування хромом та нікелем, що призвело до підвищення мікротвердості легованого шару до 8,4 МПа. Змінювалася мікротвердість в межах від 8,3 МПа до 4,4 МПа, що може свідчити про неоднорідний фазовий склад даної зони.

За діаграмою Cr та Ni призводить до менш значного підвищення мікротвердості (8,4 МПа) (в порівнянні зі значеннями мікротвердості отриманих при інших структурах (до 6,9 МПа) [10].

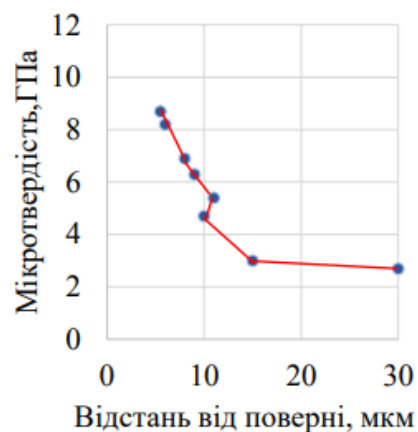


Рисунок 2.8 - Мікротвердість у при поверхневій зоні сталі 45 після легування хромом та нікелем

3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1. Обґрунтування способу наплавлення (спосіб наплавлення, матеріали, обладнання)

Для визначення способу нанесення покриття на робочу поверхню леміша, виготовленого з матеріалу Ст 45, рекомендується оцінювати якісні характеристики покриття, межі раціональної товщини покриття та техніко-економічні показники, такі як продуктивність та коефіцієнт використання матеріалу, для різних способів нанесення покриття. Скомпонуємо усі необхідні для вибору параметри та способи наплавлення у (табл. 3.1)

Таблиця 3.1 Характеристики методів нанесення покриття [15]:

Параметри	Спосіб наплавлення				
	Індукційне	газополуменеве	плазмове	детонаційне	газодинамічне
Форма наплавленого матеріалу порошку	+	+	+	+	-
Міцність зчеплення, МПа	до 60 (>15)	до 50 (>10)	до 50 (>15)	до 100 (>30)	40-80
Пористість, %	5...15	10...15	5...10	до 0,5...1,5	3...7
Товщина покриття, мм	0,5...2,5 max 6,0	0,5...5,0 max 10,0	0,05...5 max 10,0	0,1...0,3 max 0,5	від 0,25
Форма напилюваного матеріалу	порошок	дріт, порошок, пруток	порошок дріт	порошок	порошок
Максимальна температура нагрівання лиспекованих часток матеріалу, К	до 3000	до 3000	до 4000	до 3000	до 600
Продуктивність, кг/год	2...50	1...10	3...11; 11...25	0,1...1,5	3...15
Коефіцієнт використання використаня матеріалу (КВМ)	0,8...0,95	0,8...0,95	0,7...0,9	1,3...0,6	0,7...0,9

Проаналізувавши дану таблицю 2.1 та товщину наплавленого металу 1,5 мм для виготовлення даного виробу найбільш раціональним є індукційне наплавлення. В даному відносно велика продуктивність 2...50 кг/год, добра міцність зчеплення, висока температура нагрівання, пористість 5... 15%, можливість нанесення покриття з різних матеріалів.

Технологія індукційного наплавлення заснована на використанні струмів високої частоти для підігріву металу деталі і присадкового матеріалу, застосовують при виготовленні одно і багатолезового ріжучого інструменту.

Зазвичай використовують твердий присадний метал, який у вигляді крупнозернистого порошку, змішаного з флюсом, наносять на поверхню наплавляемого виробу. Температура його плавлення повинна бути трохи нижче, ніж температура плавлення основного металу. За допомогою індуктора виріб нагрівають до температури, на 30-50 ° С перевищує температуру плавлення присадкового металу. Флюс розтікається по поверхні і очищає її, чим забезпечується міцне зчеплення наплавленого і основного металів. Переваги даного способу полягають в наступному: мала і рівномірна глибина розплавленого основного металу, величину яку можна достатньо точно відрегулювати режимом нагрівання; можливість в деяких випадках з'єднати наплавлений шар без розплавлення основного металу; висока продуктивність; можливість автоматизації процесу.

Наплавлену деталь закладають в індуктор, який виробляє струмом високої частоти.

Потрібно відмітити, що при індукційному наплавленні температура основного металу повинна бути вищою за температуру плавлення твердого порошкоподібного сплаву (шихти).

Таким чином, зменшення інтенсивності нагріву основного металу на стадії плавлення твердого сплаву при використанні індуктора з паралельними вітками дозволяє отримати структуру, яка відповідає ступеню повного розплавлення. При цьому викликає металургійні процеси при наплавленні, а також на 17-22% збільшується протяжність евтектичної зони, а відповідно

підвищується зносостійкість наплавлених деталей і завдяки чому проплавлення основного металу виключаються [1, с. 31].

На (рис 3.1) представлена схема змін шихти в процесі наплавлення [1, с. 32].

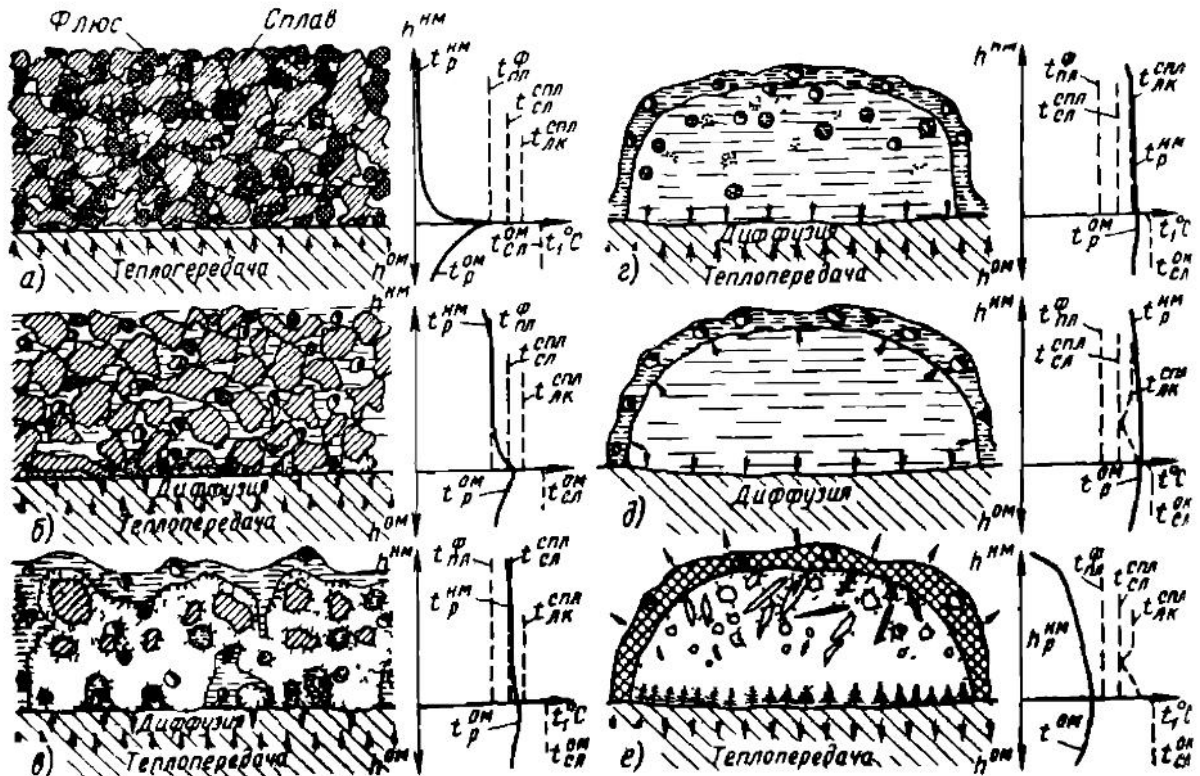


Рисунок 3.1 – Загальна схема змін, які зазнає шихта в процесі наплавлення представлена на рис 100.

t_p^{NM} – розподіл температури в на плавляємому матеріалі (шихта);

t_p^{OM} – теж основного металу; $t_{пл}^Ф$ – температура плавлення флюсу;

$t_{сл}^{СПЛ}$ – температура солідусу сплаву; $t_{сл}^{OM}$ – теж основного металу;

$t_{лк}^{СПЛ}$ – температура ліквідусу сплаву.

Фізико-хімічні процеси що відбуваються при індукційному наплавлення можна розділити на наступні етапи [1, с. 32]:

- нагрівання основного металу до температури плавлення шихти;
- розплавлення флюсів;

- нагрів і розплавлення металеві частини шихти;
- взаємодії основного металу, флюсів і твердого сплаву між собою і з атмосферним повітрям;
- формування наплавленого шару в період кристалізації;
- охолодження в верхньому інтервалі температур, супроводжується дифузійними процесами;
- охолодження в нижньому інтервалі температур, коли дифузійні процеси практичні місця не мають.

Даний спосіб розплавленої шихти, нанесений на поверхню заснований на використанні струмів високої частоти для нагрівання основного металу і розплавлення шихти. Багато підприємств використовують індукційне наплавлення для виготовлення різних деталей, а саме: лемішів, лап культиваторів, плугів ножів, та інших різних деталей. На (рис. 3.2) представлена схема наплавлення.

Продуктивність даного способу досягає 11 кг/год. Можливе отримання різних виробів та їх товщину наплавлення від 0,3 мм і більше [16, 337с.].

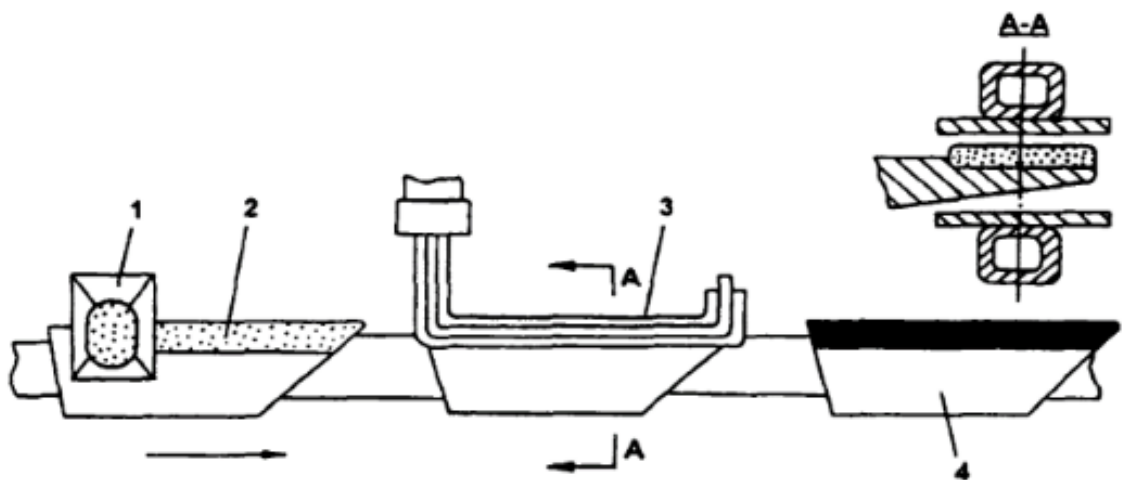


Рисунок 3.2 – Схема індукційного наплавлення леміша

Шихта розташована між індуктором і нагрітою поверхнею яка підлягає процесу наплавлення. Вона нагрівається за рахунок струмів високої частоти, які подаються від індуктора на поверхню деталі основного металу.

При даному процесу температура є на 48-65 градусів більшою за температуру твердого сплаву при наплавленні на деталь. Також швидкість підведеного тепла до деталі повинна бути більша в зону наплавлення і менші втрати тепла в навколишнє середовище [16, с. 339].

При індукційному наплавленні існує ряд переваг, а саме:

- можливість здійснювати наплавлення деталей різних розмірів при відносно невеликій потужності високочастотних генераторів;
- при механізованих та автоматизованих лініях продуктивність зростає;
- простота обладнання конструкції виробу;
- можливість малої глибини наплавлення.

Також існує ряд недоліків:

- втрати тепла при постійній потужності, виходять в навколишнє середовище;
- властивості наплавленого шару металу можуть бути погіршенні через перехід в нього основного металу. Можливе зниження зносостійкості даного виробу;
- при високій погонній енергії викликаються деформації виробу;
- наплавлений шар шихти при індукційному наплавленні може бути не рівномірний по відношенню характерних властивостей металу.

Для виготовлення леміша використовуємо сталь 45. Дана сталь являється конструкційною вуглецевою сталлю звичайної якості з регламентованим хімічним складом та механічними властивостями.

Сталь 45 має досить привабливі експлуатаційні якості і при цьому обходиться недорого. Саме тому вона застосовується в машинобудівній галузі в якості основного металу, також використовується для відповідальних зварювальних конструкцій. Структура характеризується високою оброблюваністю різанням. Тому заготовки піддають точіння і фрезерування.

До відпускної крихкості структура не схильна. Сталь 45, характеристики якої можна назвати універсальним пропозицією, дуже часто піддається загартуванню, за рахунок якої істотно підвищується твердість поверхні.

В цілому можна сказати, що метал сталі підходить для застосування при виготовленні різних виробів. У більшості випадків проводиться термічна обробка, яка дозволяє істотно збільшити експлуатаційні характеристики. Варто враховувати, що тільки при дотриманні температурного режиму можна забезпечити умови для правильного перестроювання кристалічної решітки.

Виходячи з енергоємності процесу і оптимального часу наплавлення потужність потрібна для здійснення процесу, може бути приблизно розрахована за формулою [17, с. 121]:

$$P = \frac{2500 \cdot (k \cdot G_0 + G_n)}{\tau \cdot \eta} \text{ кВт}; \quad (3,1)$$

де G_0 – маса основного металу в зоні наплавлення в кг;

G_n – маса наплавленою шихтою в кг;

k – коефіцієнт, враховуючий теплопередачу в тепло деталі, рівний 1,10-1,20;

τ – продовження наплавлення в сек;

η – коефіцієнт корисної дії нагрівання.

$$\eta = \frac{P_k}{P_n} = \frac{235}{160} = 146,8 \text{ кВт},$$

де, P_k – потужність від мережі, кВт;

P_n – потужність коливальна, кВт.

За формулою (3,1) отримаємо:

$$P = \frac{2500 \cdot (1,20 \cdot 1,2 + 0,38)}{30 \cdot 146,8} = 1,03 \text{ кВт},$$

Обладнання для високочастотного наплавлення складаються з високочастотного генератора, нагрівального пристрою. Застосовуються високочастотні лампові генератори які мають робочу частоту більше 50 кГц [2].

Обладнання для індукційного наплавлення можна розділити на три основні групи:

1. Технологічне пристрої і механізми, забезпечуючи безпосереднє здійснення процесу наплавлення.
2. Енергетичне-Джерела живлення нагрівальних індукторів струмами високої частоти: лампові генератори, машинні перетворювачі і т. д.
3. Допоміжне, що забезпечує здійснення операції пов'язаних з подачею виробів, приготуванням наплавлюваних флюсів і шихти.

Кожна високочастотна установка складається з наступних основних вузлів: силового (анодного) трансформатора, високовольтного випрямляча; лампового генератора; апаратури управління, приладів контролю та захисту; понижуючого трансформатора з нагрівальним індуктором.

Найбільш поширені лампові генератори з робочою частотою 60...160 кГц (ВЧГ6-60/0,44, ВЧГ3-100/0,44, ЛЗ-107 ВЧГ3-160/0,066, ВЧГ7-160/0,44, наведені в (табл. 3.2).

Також з впровадженням високочастотного наплавлення у виробництво, особливе значення мають лампові генератори з частотою струму 440 кГц і потужністю від 160 до 860 кВт (ВЧС7-160/0,44, ВЧС3-250/0,44, ВЧС2-400/0,44, ВЧС2-600/0,44).

Таблиця 3.2 Високочастотні лампові генератори [18].

Найменування	ВЧГ 160/0,066	ВЧСЗ- 250/0,44	ВЧС2- 400/0,44	ВЧС2- 600/0,44
Напруга живильної мережі, В	380	380	500	6000 або 10000
Частота мережі, Гц	50	50	50	50
число фаз	3	3	3	3
Потужність, споживана від мережі (при коефіцієнті потужності не менше 0,85), кВт, не більше	235	357	540	860
Потужність коливальна, кВт, не менше	160 ± 16	250 ± 25	400 ± 40	600 ± 60
Частота робоча, МГц	0,44 ± 0,011	0,44 ± 0,011	0,44 ± 0,011	0,44 ± 0,011
Коефіцієнт корисної дії генератора,%, не менше	79	78	77	76
Напруга анодна, кВ	11,3 -12	11,5 -12,3	13,5 -12	13,1 -12
Струм анодний, А	19,0 - 22,0	29 - 33,5	37-39,5	66 - 69
Струм сітковий, А, не більше	3,5	5,0	9,5	13,0
Витрата охолоджуючої води, м3 / год	6,0	7,8	14,0	22,0
Маса, кг, не більше	5500	6645	11300	19600

Отже, відповідно до вимог, наведена вище таблиця, і з врахуванням для високочастотного напівнагріву для виготовлення леміша вибираємо генератор типу ВЧГЗ-160/0,066, який призначений для харчування технологічних пристроїв індукційного нагріву деталей машин і інструменту при різних технологічних операціях.

Високочастотний генератор ВЧГЗ-160 / 0,066 (рис. 3.3) виконаний у вигляді двох металевих шаф: блоку генераторного і блоку контурів [19]:



Рисунок 3.3 - Загальний вигляд і габаритні розміри високочастотного генератора ВЧГЗ- 160 / 0,066

Блок генераторний являє собою сталевий шафа з двома дверима для доступу до апаратури, розташованої усередині. Технічна характеристика високочастотного генератора приведена в (табл. 3.3).

На дверях розташовані вимірювальні прилади, сигнальні лампи і кнопки управління.

Регулює режим генератора здійснюється двома штурвалами (верхній - регулятор потужності, нижній - регулятор зворотного зв'язку), виведеними на лицьову сторону блоку контурів. З генератором поставляється індуктор для пусконаладжувальних робіт.

У комплект поставки високочастотного генератора ВЧГЗ- 160 / 0,066 входять: блок генератора, блок контурів, індуктор для пусконаладжувальних робіт, запасні частини й приналежності 1 комплект, експлуатаційна документація.

Таблиці 3.3 - Технічна характеристика високочастотного генератора ВЧГЗ- 160 / 0,066 [9]:

Найменування	ВЧГ 160/0,066
Напруга живильної мережі, В	380
Частота мережі, Гц	50
число фаз	3
Потужність, споживана від мережі (при коефіцієнті потужності не менше 0,85), кВт, не більше	235
Потужність коливальна, кВт, не менше	160 ± 16
Частота робоча, МГц	0,66
Коефіцієнт корисної дії генератора,%, не менше	79
Напруга анодна, кВ	11
Струм анодний, А	20
Габаритні розміри, довжина, ширина, висота, мм	2400×1400×2030
Маса, кг	2000

Практичні рекомендації та прийоми застосовуються в твердих сплавах для плавлення сільськогосподарських ґрунтообробних деталей машин [17, с. 113].

Індукційне наплавлення твердих сплавів на робочій поверхні швидкозношуваних деталей машин знаходиться все більше застосування.

Зміцненим методом індукційного наплавлення піддається сільськогосподарська техніка, лопати культиваторів, леміші плугів, ріжучі сегменти.

Область застосування індукційного наплавлення швидко розширюється. В промисловості широко поширений сплави на основі сормайт №1. Однак накопичений протягом декілька років досвід промислового виробника і експлуатація самозагострювальних робочих органів дозволяє стверджувати, що сормайт при індуктивному напавленні не завжди гарантує високу якість готової продукції.

Іноді застосування сормайта 1, легованим нікелем, не виправдано з економічної точки зору. Такими обставинами обумовлена необхідність розширення норми які зносостійкого наплавлення матеріалів для індукційного наплавлення і інформативні в залежності від конкретних умов експлуатації.

Значними експлуатаційними і економічними перевагами перед іншими матеріалами які володіють псевдо сплави.

При використанні псевдо сплавів скорочується витрата дорогих і дефіцитних матеріалів і знижується вартість продукції, що випускається при одночасному збільшенні терміну служби наплавляються деталей.

За діючим технологічним процесом індукційного наплавлення псевдо сплави можуть бути нанесені на робочу кромку деталі без будь-якого переналагодження застосованого в обладнанні та оснащенні.



Рисунок 3.4 - Макрошліф поперечного перерізу леза леміша напавлений псевдо сплавом ПГ УС25

Основні рекомендації щодо застосування нових твердих сплавів для індукційного наплавлення наведені в (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 - Рекомендації щодо застосування нових твердих сплавів для індукційного наплавлення [17, с. 116]:

Характеристика умов роботи	Типові деталі	Товщина наплавленого металу в мм.	Рекомендовані сплав
Абразивне зношення в грантовому середовищі	Леміш плугів, передплужників, глибоко-розпушувачами	1,4-2,0	ПГ УС25
Абразивне зношення в грантовому середовищі в поєднанні з вимогами до підрізання бур'янів	Лампи культиваторів	0,3-0,8	ПС-5
Подрібнення силосної маси розпушування землі	Ріжучі деталі кормо-приготованих машин (сегмент фура-жирів), лапи, полози	0,3-0,8	ПС-4 ПС-6
Зношування сипучим утворений або абразивної поверхнею без ударів і розтягують навантажень	Деякі деталі сільгоспмашин працюють в низьких питомих тисках	0,3-0,8	ПС-4 ПС-3
Абразивне зношення в поєднанні з ударними навантаженнями.	Ножі бульдозера	1,0-2,0	У35Х2Г6В2РТ сормайт №1
Зношування агресивним середовищем поверхні без ударів	Деталі вугільних транспортерів	0,4-0,6	ФБХ-6-2

Порошкова шихта є сумішшю металевих порошків з флюсом. У ній міститься 83...86% за вмістом металічного порошку, останнє – складає флюс.

Для індукційного наплавлювання, матеріали можна розділити на три групи: легування чавуну, сплави на основі кобальту і нікелю, псевдо сплави [17, с. 89].

Група 1. Сплав У30Х28Н4С4, відомий під назвою Сормайт №1 являє собою високолегований заевтектичний чавун. Його властивості істотно залежить від швидкості охолодження, знаходиться на наступному рівні: температура плавлення 1275°C; твердість HRC 49-54, межа міцності при розтягуванні 35кГмм²; модуль пружності 21 000 кГмм²; щільність 7,4 г/см³; коефіцієнт лінійного розширення (при 20-500°C) $\alpha=(8-11) \cdot 10^{-6}$ [17, с. 89].

Сормайт №1 випускається промислового масштабі в виді електроди гранульованого порошку. Основна частка використання сормайта приходить на сільськогосподарські машинобудування, де він використовується для наплавлення робочих органів ґрунтооброблювальних машин.

Сплав У45Х35ГЗР2С (ФБХ-6-2) також випускаються в виробничому масштабі. Він володіє хорошими технологічними властивостями, високою твердістю і зносостійкістю. Низьколегований чавун У30С2Х2Н застосовується для індукційного наплавлення клапанів двигунів. Твердість після наплавлення складає HRC 52. Вони повинні мати твердість напавленого шарк не менше HRC 60.

Сплав У50Х40Н2С2Г (УС-25), відомий також як сплав сормайт з ферохромом, може бути отриманий як при звичайному плавленні відповідної шити , так і після попередньої переплавки сплаву ПС-4 [17, с. 92].

До групи можна ще віднести зносостійкий чавун напавлений сумішшю типу КБХ, ХТ5У.

Група 2. До цієї групи можна віднести матеріали для індукційного наплавлення хромо-вольфрамо-ванадійові сплави типу електродів ВСН-6, добре чинить опір абразивному зношенню в умовах ударного навантаження і інших сплавах які містять вольфрам, які використовуються для зміцненого бурового інструменту. Вони мають високі механічні властивості, також знайшли застосування для наплавлення клапанів двигунів внутрішнього згорання і других швидкозношуваних деталей. Особливо важливими властивостями являються вдале поєднання жаростійкості з добрим опором до абразивного зношення та корозії. По твердості в гарячому стані наближені до метало керамічних твердих сплавів, а по окаленостійкості навіть перевершують їх [17, с. 93].

Сплав НХ13С2Р2 на нікелево-хромовій основі має температуру плавлення 1100°C і твердість HRC 39-45 при 20°C. Твердість сплаву становить HRC 35-33 (при 400°C) і HRC 29-27 (при 700°C). Коефіцієнт лінійного розширення сплаву в інтервалі температур 20-700°C.

Сплави ПГ-ХН80СР2, ПГ-ХН80СР3, ПГ-ХН80СР4 випускаються у вигляді гранульованих порошків і призначаються головним чином для плазмового наплавлення [17, с. 94].

Варто окремо зупинитися на дисперсно-твердіючих сплавах, застосування яких в останні роки значно розширюється. Дисперсно-твердіючі сплави найчастіше представляють собою композиції на основі заліза з кобальтом і молібденом або вольфрамом. Важливою перевагою цих сплавів є та обставина, що безпосередньо після наплавлення метал має низьку твердість (HRC 30-35) і може піддаватися механічній обробці.

Група 3. Властивості композитних матеріалів (псевдо сплавів) визначаються фізико механічними властивостями їх компонентів і характером дифузійного взаємодії між тугоплавкими включеннями і зв'язкою. Можна вважати, існує відома аналогія між псевдо сплавів, для індукційного наплавлення, і металокерамічними твердими сплавами. [17, с. 95].

Є відомості про успішне застосування для наплавлення: псевдо-сплавів системи карбід хрому - нікель. Мають твердість HRA 83, межа міцності і вигин 48 кг/мм і ударну в'язкість 16 кгм/см. Наплавлення псевдо-сплавів, що складається з 85% карбиду хрому і 15% нікеля. Недоліком нікель-карбід-хромових псевдо-сплавів, крім порівняно високої температури плавлення, є використання дорогих дефіцитних компонентів.

Вуглецевий ферохром ФХ800 відповідно до Держстандарту 4757-67 містить не менше 65% Cr і 6,6-8,0% C. Відповідно до діаграмою стану системи залізо-вуглець-хром сплавів з такими концентраціями хрому і вуглецю складається в основному з тригонального карбиду хрому (Cr_7C_3). Матриця складається з легованого фериту.

Найважливіше значення при розробці композицій псевдо-сплавів має правильний вибір сполучного речовини.

Композиції псевдо-сплавів, рекомендовані для індукційного наплавлення, мають такі умовні позначення: сормайт - реліт - ПС-3; сормайт - ферохром - ПС-4; білий чавун - ферохром - ПС-6.

Вони повинні мати достатню ріжучу здатністю, розроблений спеціальний псевдо-сплав ПС-5, який містить в середньому 40% сормайт № 1, 58% ферохрому К800 і 2% феротитана Ti_2 .

В більшості випадків використовуються наплавлені матеріали, як тверді порошки на основі заліза типу ПГ-С1, ПГ-С26, ПГ-УС25, ПГ-ФБХ6-2, наведені в (табл. 3.5), також використовуються суміші типу С-2М, КБХ, БХ, ФБХ6-2, що забезпечують рівномірність структури наплавленого металу [16, с. 39].

Таблиця 3.5 – Хімічний склад металевих порошків [16, с. 340].

Хімічний склад металевих порошків для індукційного наплавлення і твердість наплавленого ними металу							
Марка	Масова частка елементу %						Твердість, HRC
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Інше	
Порошки сплавів на основі заліза (ГОСТ 21448-75)							
ПГ-С1 (ПР-У30Х28Н4С4)	3,0	1,2	3,5	29,0	4,0	-	49-52
ПГ-С27 (ПР-У40Х27Н2С2ВМ)	3,8	1,2	1,5	26,5	1,8	0,3 W 0,1 Мо	51-54
ПГ-УС25 (ПР-У50Х38Н2С2Г2)	5,0	2,5	2,0	38,0	1,5	-	53-56
ПГ-Ф БХ6-2 (ПР-У45Х35ГСР)	4,5	3,0	1,8	35,0	-	1,6 В	55-60
Наплавлена суміші на основі заліза (ГОСТ 11546-75)							
С-2М (800Х24Г7С)	8,0	7,5	2,0	25,0	-	-	50-55
КБХ (450Х45РС)	5,0	0,5	1,3	47,0	-	-	56-60
БХ (50Х40Р7С)	0,7	0,5	1,0	40,0	-	8,0 В	60-65
Ф БХ6-2 (400Х30Г4Р2С2)	4,5	4,0	2,0	32,0	-	1,7 В	50-55

Отже, до хімічний склад порошків, вимог наведена в таблиці використовуємо порошкоподібний сплав типу (ПГ-УС25) представлений в (табл. 3.6), який з поміж інших володіє найбільшою твердістю та зносостійкістю, і використовується для наплавлювання деталей ґрунтообробних конструкцій та механізмів.

Таблиця 3.6 – Хімічний склад порошку ПГ-УС25 [16, с. 340].

Хімічний склад металевих порошків для індукційного наплавлення і твердість наплавленого ними металу							
Марка	Масова частка елементу %						Твердість, HRC
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Інше	
Порошки сплавів на основі заліза (ГОСТ 21448-75)							
ПГ-УС25	5,0	2,5	2,0	38,0	1,5	-	53-56

3.2. Опис запропонованого технологічного процесу виготовлення виробу

Виготовлення виробу включає наступні операції:

1. Заготівельні операції.

Технологічний процес заготівельних деталей виробів починається з підбирання металу за різними розмірами та маркою сталі і включає наступні операції: правлення металу, розмічування, різання, гнуття, очищення поверхні. Внаслідок не рівномірного вистигання, після прокатки метал деформується, і отримує додаткову деформацію при вирізуванні деталей. Правлення металу, який піддався деформації здійснюється за допомогою шляхом створення місцевої пластичної деформації, а також може проводитись в холодному стані або за попереднім підігрівом.

2. Механічна обробка.

Шліфують дану поверхню для усунення поверхневих дефектів та концентраторів напружень.

3. Підготовка поверхні до наплавлення.

Загальне обезжирювання поверхні деталі, конструкції або виробу здійснюється органічними розчинниками, миючими засобами, луговими розчинниками і різними емульсіями. Також забирають ржавчину з поверхні яка підлягає напиленню. Для обезжирювання поверхні напиленням рекомендується використовувати миючі засоби, оскільки органічні розчинники токсичні і мають обмежене застосування.

На поверхнях, які напилюються не повинно бути заусениць, крапель, напливів паянна, пропалів, залишків флюсу, раковин тощо. Провіряємо розміри деталі щоб визначити наступні дії, для нанесення покриття. Для визначення розмірів використовуємо: лінійку, штангенциркуль, та прилад ЛЧ-4.

Використаємо технічний миючий засіб типу ТМС-31 з концентрацією 60...30, кг/м³. Обезжирювання поверхні рекомендується проводити на спеціальному серійному обладнанні для миття. Для цього використовуємо машину для миття 168-036 Черкаське НВО «Комплекс».

Режим роботи:

- температура 70...80 С°;
- тривалість 5...10 хв.

В (табл. 3.7 і 3.8) наведенні органічні характеристики та миючі засоби, які використовуються в технічному процесі напилення [20].

Таблиця 3.7. Органічні розчинники:

Характер забруднення	Метал деталі	Розчинник	Режим обробки		
			Температура °С	Тривалість, хв.	
				занурення	Витримки в парах розчинника
Робочі та консерваційні мастила	Всі метали, окрім титану	Лабомид	121	не менше 0,5	0,5...5,0

Таблиця 3.8. Миючі засоби:

Метал деталі	Масова концентрація розчину, кг/м ³	Режим роботи	
	Технічні миючі засоби	Температура, °С	Тривалість, хв.
Сталь	Мильний розчин	60...80	3...10

4. Наплавлення.

На обезжирену поверхню леміша засипається шихта, після цього виріб поміщається в індуктор. Включається генератор типу ВЧГЗ-160/0,066.

Відбувається нагрівання цього наплавленого порошку і він розплавляється за рахунок струменів високої частоти між індуктором і лемішем.

Генератор виключається і наплавлений порошок встигає. Після цього виріб поступає на наступну операцію.

5. Контроль якості.

Перевірити на наявність дефектів та відповідність розмірів, а саме:

- чи відповідає ширина наплавленню;
- чи є відповідна товщина наплавленню.

6. Опоряджувальні операції.

Виріб поступає на опоряджувальні операції, де відбувається шліфування даної поверхні наплавленого шару металу, також заточення леміша під певним кутом для його використання. Потім відправляється на покрасу.

7. Транспортна.

Транспортують деталь замовнику.

4. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

4.1. Обґрунтування наплавленого пристосування

Одним з основних шляхів підвищення техніко-економічних показників процесу наплавлення лемішів, поряд з вдосконаленням технології і підвищення якості наплавлюваного металу, є створення високопродуктивного для наплавлення обладнання, яке має високу ступінь надійності і здатного працювати в конвеєрах для виготовлення лемішів плуга.

При створенні обладнання для наплавлення цих деталей вирішувалися задачі конструкторських розробок окремих вузлів, механізмів, установок для наплавлення, а потім вже наплавлюваних роботизованих комплексів (автоматичних, потокових ліній, конвеєрів) з автоматичним завантаженням і розвантаженням деталей виробів та їх переміщенням по технологічним позиціям для засипання шихти та подальшого процесу наплавлення.

4.2. Розрахунок елементів наплавленого пристосування

Розрахунок для індуктора приведений на (рис. 4.1 [21, с. 113]).

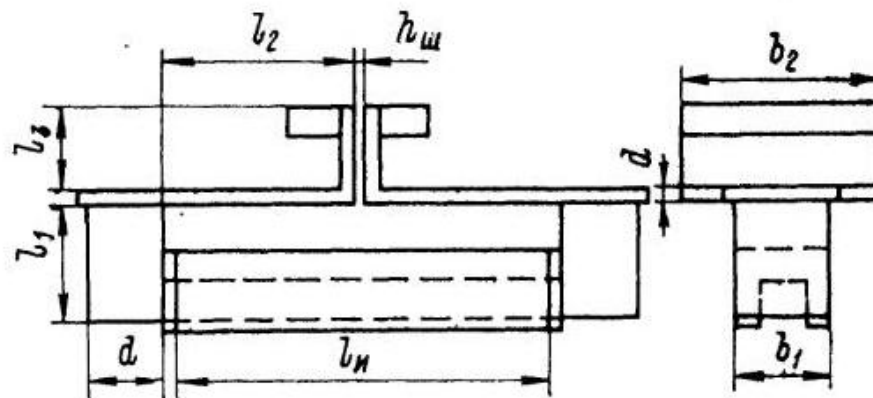


Рисунок 4.1 – Індуктор для нагрівання плоских поверхонь

Для розрахунку задана частота $f = 66000$ Гц, глибина загартованого шару $x_k = 0,45$ см; довжина загартованої полоси $l_n = 51$ см; зазор $h = 0,5$ см; питома потужність $p_0 = 1,55$ кВт/см²; спосіб загартування безперервно-послідовний; швидкість руху індуктора $v = 0,5$ см/сек; час нагріву $t_k = 4,4$ сек.

Структурні розміри індуктора: довжина магнітопроводу $l_{\text{и}} = 50$ см; повна довжина індуктивного проводу $l_{\text{и}} = 53$ см; витки $\omega = 1$;

$l_1 = 7$ см; $l_2 = 25,4$ см; $l_2 = 4$ см; $b_1 = 8$ см; $b_2 = 18,5$ см; $b' = (8 + 18,5)/2 = 13,17$ см; $d_{\text{ш1}} = 5$ см; $d_{\text{ш2}} = d_{\text{ш3}} = 0,8$ см; $h_{\text{ш}} = 0,2$ см.

При одночасному нагріванні задається ширина нагрітої смуги a_3 .

1. Ширина паза в магнітопроводі і ширина індуктивного проводу.

При одночасному нагріванні ширина паза визначається співвідношенням:

$$a \approx 1,1\alpha_3.$$

При безперервно-послідовному нагріванні, якщо задана потужність генератора P_r , то:

$$a \approx \frac{0,64 \cdot P_r}{(p_0 \cdot l_{\text{и}})}$$

якщо, як у розглянутому випадку, задана швидкість v , то

$$a = v \cdot t_k = 0,005 - 4,4 = 0,022 \text{ м.}$$

Щоб забезпечити потрібну ізоляцію, ширина дроту береться на 1,5 - 4 мм менше ширини паза:

$$b = a - 2 \cdot \Delta b = 0,022 - 2 \cdot 0,001 = 0,02 \text{ м,}$$

де $\Delta b = 0,75 \div 2$ мм - товщина ізоляції. Якщо магнітопровід виготовлений з фериту, то $\Delta b = 0$.

2. Магнітна проникність визначається відповідно з розрахунку індуктора.

При безперервно-послідовному нагріванні розраховується тільки гарячий режим.

Задаємо $m=0,55$ ($\mu_2 = 12$). З табл. 4.2, 4.3, 4.4 і 4.5 наведені нижче знаходимо: $K = 1,43$; $N = 2,84$; $\cos \varphi_2 = 0,911$; $\sin \varphi_2 = 0,412$;

Таблиця 4.2 Залежність повного електричного протидії $K=z_0/z_{01}$ від відносної глибини зовнішнього шару

$k_1 x_{\kappa}$	m						
	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-1,0
0,0	1,856	2,334	3,000	4,000	5,600	9,000	∞
0,1	1,636	1,939	2,320	2,810	3,661	4,660	7,080
0,2	1,446	1,644	1,858	2,123	2,418	2,750	3,540
0,3	1,312	1,433	1,575	1,709	1,855	2,025	2,360
0,4	1,204	1,281	1,361	1,441	1,525	1,611	1,778
0,5	1,121	1,168	1,215	1,258	1,304	1,345	1,405
0,6	1,061	1,086	1,111	1,132	1,172	1,182	1,227
0,7	1,022	1,031	1,041	1,050	1,057	1,067	1,082
0,8	0,994	0,993	0,992	0,992	0,991	0,991	0,992
0,9	0,976	0,970	0,963	0,957	0,952	0,944	0,930
1,0	0,967	0,955	0,946	0,936	0,925	0,916	0,892
1,1	0,962	0,948	0,937	0,925	0,915	0,902	0,877
1,2	0,961	0,946	0,935	0,922	0,911	0,901	0,877
1,3	0,962	0,950	0,939	0,928	0,916	0,908	0,882
1,4	0,968	0,956	0,945	0,934	0,924	0,915	0,892
1,5	0,972	0,962	0,953	0,943	0,934	0,926	0,908
1,57	0,975	0,967	0,958	0,949	0,942	0,934	0,919

Таблиця 4.3 Залежність відношення напруження магнітних полів на поверхню ($N=H_{me}/H_{mk}$) від глибини зовнішнього шару

$k_1 x_{\kappa}$	m						
	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-1,0
0,0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	—
0,1	1,204	1,262	1,336	1,486	1,683	2,090	∞
0,2	1,426	1,546	1,715	1,983	2,414	3,340	∞
0,3	1,676	1,866	2,130	2,540	3,230	4,620	∞
0,4	1,943	2,134	2,565	3,110	4,040	5,930	∞
0,5	2,230	2,555	3,020	3,720	4,900	7,230	∞
0,6	2,530	2,920	3,480	4,320	5,720	8,580	∞
0,7	2,845	3,320	3,975	4,960	6,620	9,920	∞
0,8	3,190	3,730	4,480	5,620	7,520	11,320	∞
0,9	3,545	4,170	5,030	6,320	8,470	12,800	∞
1,0	3,960	4,650	5,600	7,040	9,460	14,260	∞
1,1	4,370	5,130	6,190	7,800	10,460	15,770	∞
1,2	4,840	5,690	6,860	8,630	11,600	17,500	∞
1,3	5,320	6,260	7,550	9,510	12,750	19,300	∞
1,4	5,880	6,900	8,320	10,460	14,050	21,200	∞
1,5	6,500	7,620	9,170	11,500	15,440	23,300	∞
1,57	7,070	8,260	9,970	12,500	16,760	25,200	∞

$$H_{me} = \sqrt{\frac{1,55 \cdot 10^7 \cdot 10^6}{1,405 \cdot 1,43 \cdot 44,7 \cdot 0,911}} = 4,35 \cdot 10^5 \frac{a}{m};$$

$$H_{me} = \frac{4,35 \cdot 10^5}{2,84} = 1,53 \cdot 10^5 \frac{a}{m}.$$

За усередненою кривою намагнічування (рис. 4.6) знаходимо $\mu_2 = 11,53$, що відповідає $m = 0,546$ і близько до прийнятого значення. Тому приймаємо ці результати в якості остаточних.

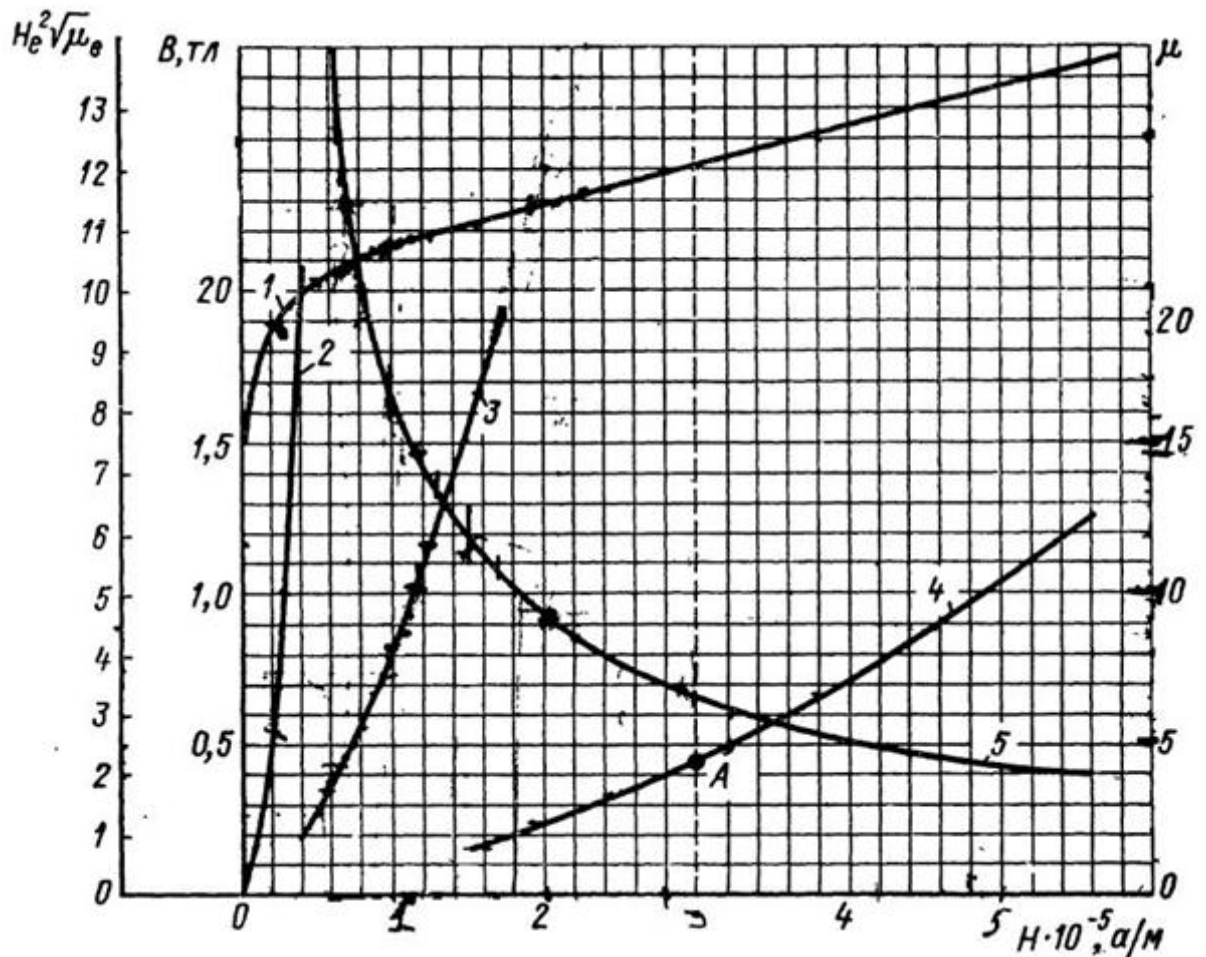


Рисунок 4.6 Усереднені магнітні властивості сталі і приклад визначення магнітної проникності

3. Повний електричний опір нагрівається шару

$$z_2 = \frac{z_0 \cdot l_{\text{ш}}}{a}$$

При холодному і проміжному режимах:

$$z_0 = \frac{1,68 \cdot p_e}{\Delta_e}$$

$$\Delta_e = 503 \cdot \sqrt{\frac{p_e}{(\mu_e \cdot f)}}, \text{ м.}$$

В холодному режимі $p_e = 2 \cdot 10^{-4}$ ом·м, в проміжному режимі $p_e = 6 \cdot 10^{-4}$ ом·м. В гарячому режимі

$$z_0 = 2,81 \cdot 10^{-6} \cdot K \sqrt{f} = 2,81 \cdot 10^{-6} \cdot 1,43 \cdot 44,7 = 1,79 \cdot 10^{-4} \text{ ом.}$$

$$z_2 = 1,79 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{0,5}{0,022} = 4,08 \cdot 10^{-3} \text{ ом.}$$

4. Активний і внутрішній реактивний опору нагріваемого шару:

$$r_2 = z_2 \cdot \cos\varphi_2 = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ ом; } x_{2\text{м}} = z_2 \cdot \sin\varphi_2 = 1,68 \cdot 10^{-3} \text{ ом.}$$

5. Магнітний опір нагріваемого шару:

$$Z_{m2} = \frac{\omega}{z_2} = \frac{2\pi \cdot 66000}{4,08 \cdot 10^{-3}} = 3,07 \cdot 10^6.$$

6. Магнітний потік в нагріваемому шарі:

$$\Phi_{\text{м}} = \frac{a \cdot H_{\text{ме}}}{Z_{m2}} = \frac{0,22 \cdot 4,35 \cdot 10^5}{3,07 \cdot 10^6} = 3,12 \cdot 10^{-3} \text{ вб.}$$

7. Ширина магнітопроводу $c = \frac{\Phi_{\text{м}}}{B \cdot l_{\text{ш}}}$.

При $f \leq 66$ кГц для сталі товщиною 0,35 мм $B \leq 0,2$ мм; для сталі 0,2 мм $B \leq 0,6$ мм.

При $f \leq 8 - 10$ кГц для сталі 0,2 мм $B \leq 0,2$ мм; для сталі 0,1 мм $B \leq 0,4$ мм; для фериту $B \leq 0,3$ мм.

При $f \leq 44$ кГц для фериту $B \leq 0,1$ мм.

При великих індукціях питомі втрати в магнітопроводі неприпустимо зростають.

Зазвичай $c \approx (0,2 \div 0,75)\alpha$. В подальшому слід перекоонатися, що $\frac{r_2}{x_0} < 0,5$.

Якщо це не дотримується, то необхідно збільшити ширину черевика, не виходячи за зазначені межі.

Вибираємо сталь 45 товщиною 10,0 мм, тоді

$$c = \frac{3,12 \cdot 10^{-3}}{0,446 \cdot 0,5} = 0,014 \text{ м.}$$

8. Коефіцієнт приведення активного опору

$$x_0 = \frac{3,95 \cdot 10^{-6} \cdot f \cdot l_{\text{и}} \cdot c}{h} = \frac{3,95 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 0,5 \cdot 0,014}{0,005} = 1,1 \cdot 10^{-2} \text{ ом.}$$

$$\frac{r_2}{x_0} = 0,33 < 0,5; c = \frac{1}{\left(\frac{r_2}{x_0}\right)^2 + \left(1 + \frac{r_2}{x_0}\right)^2} = 0,692.$$

9. Наведені активне і внутрішнє реактивне опору нагріваємого шару:

$$r_2 = c \cdot r_2 = 2,58 \cdot 10^{-3} \text{ ом; } x_{2\text{м}} = c \cdot \left[x_{2\text{м}} + \frac{x_{2\text{м}}^2 + r_2^2}{x_0} \right] = 2,22 \cdot 10^{-3} \text{ ом}$$

10. Товщина індуктивного проводу вибирається в залежності від способу нагріву, як було зазначено в § 5-6, [21, 114с.]

Вибираємо трубку $20 \times 10 \times 2$ мм; глибина проникнення струму $\Delta_1 = 0,0016$ м, $d_1 = 0,002$ м, тоді $\Delta_1 < d_1$.

11. Власне активний і внутрішній реактивний опору індукуючого приводу:

$$r_{1\text{п}} = \frac{p_1 \cdot l_{\text{и}}}{(b \cdot d_1)} = \frac{2,10 \cdot 10^{-8} \cdot 0,53}{(0,02 \cdot 0,002)} = 2,65 \cdot 10^{-4} \text{ ом.}$$

$$\frac{d_1}{\Delta_1} = 1,25; k_r = 1,23; k_x = 0,95, \text{ (рис. 4.3)}$$

$$r_1 = r_{1\text{п}} \cdot k_r = 3,26 \cdot 10^{-4} \text{ ом; } r_1 = r_{1\text{п}} \cdot k_x = 2,51 \cdot 10^{-4} \text{ ом;}$$

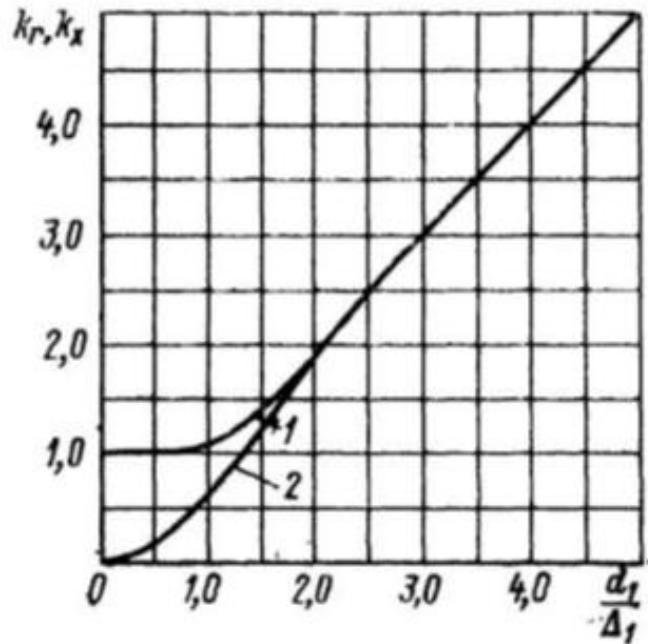


Рисунок 4.7 Залежність коефіцієнтів для розрахунку активного і внутрішнього реактивного опору від відносної товщини провідника

12. Реактивний опір розсіювання індуктора:

$$x_s = \frac{7,9 \cdot 10^{-6} \cdot f \cdot l_w \cdot (h + h')}{\alpha + x_{1M}} = \frac{7,9 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 0,53 \cdot (0,005 + 0,001)}{0,022 + 2,51 \cdot 10^{-4}}$$

$$= 2,54 \cdot 10^{-3} \text{ ом.}$$

Тут h' вибирається 0,5 - 1,5 мм з метою захисту індуктивного провода від випадкового зіткнення з нагріваемою поверхнею.

13. Активний опір підвідних шин:

$$r_{шк} = r_{пк} \cdot k_{rk}; \quad r_{пк} = \frac{p_1 \cdot l_k}{(b_k \cdot d_{шк})}$$

В розглянутому прикладі ділянки симетричні і їх число скорочується в два рази. $d_{шк}/\Delta_1 \gg 2$ на будь-якому з трьох ділянок. Тому:

$$k_r \approx k_x \approx \frac{d_{шк}}{\Delta_1} \quad \text{і} \quad r_{шк} \approx \frac{2p_1 \cdot l_k}{(b_k \cdot \Delta_1)}$$

$$r_{ш} = \sum_1^3 r_{шк} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 10^{-8} \cdot \left(\frac{7}{8} + \frac{26,4}{13,25} + \frac{4}{18,5} \right)}{0,0016} = 7,7 \cdot 10^{-5} \text{ ом.}$$

14. Реактивне опір шин:

а) для паралельних ділянок, розташованих на близькій відстані один від іншого:

$$x_{\text{шк}} = \frac{7,9 \cdot 10^{-6} \cdot f \cdot l_{\text{к}} \cdot h_{\text{ш}}}{b_{\text{к}} + r_{\text{шк}} \cdot k_{\text{рк}}};$$

б) для «відокремлених» ділянок:

$$x_{\text{шк}} = \omega \cdot 2l_{\text{к}} \cdot \left(2,3 \cdot \lg \cdot \frac{2l_{\text{к}}}{b_{\text{к}} \cdot \Delta_1} + 0,5 + 0,223 \cdot \frac{b_{\text{к}} \cdot \Delta_1}{l_{\text{к}}} \right) \cdot 10^{-7}, \text{ ом.}$$

Якщо шини симетричні, то останній результат подвоюється. Отже:

а)

$$x_{\text{шз}} = \frac{7,9 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 0,04 \cdot 0,002}{0,185 + 5,4 \cdot 10^{-6}} = 1,22 \cdot 10^{-5} \text{ ом};$$

б)

$$\begin{aligned} x_{\text{ш2}} &= 2\pi \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 4 \\ &\cdot 0,264 \left(2,3 \cdot \lg \cdot \frac{2 \cdot 0,0264}{0,1325 \cdot 0,0016} + 0,5 + 0,223 \cdot \frac{0,1325 \cdot 0,0016}{0,264} \right) \\ &\cdot 10^{-7} = 2,63 \cdot 10^{-3} \text{ ом}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_{\text{ш1}} &= 2\pi \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 4 \\ &\cdot 0,07 \left(2,3 \cdot \lg \cdot \frac{2 \cdot 0,07}{0,08 \cdot 0,0016} + 0,5 + 0,223 \cdot \frac{0,08 \cdot 0,0016}{0,07} \right) \cdot 10^{-7} \\ &= 4,57 \cdot 10^{-4} \text{ ом.} \end{aligned}$$

Отримавши:

$$x_{\text{ш}} \approx 3,1 \cdot 10^{-3} \text{ ом.}$$

15. Еквівалентні активне, реактивне і повне опору індуктора:

$$r_{\text{и}} = r_1 + r_{\text{ш}} + r_2 = 2,98 \cdot 10^{-3} \text{ ом};$$

$$x_{\text{и}} = x_s + x_{\text{ш}} + x_{2\text{м}} = 7,86 \cdot 10^{-3} \text{ ом};$$

$$z_{\text{и}} = \sqrt{x_{\text{и}}^2 + r_{2\text{и}}^2} = 8,4 \cdot 10^{-3} \text{ ом.}$$

16. Компонент корисної дії визначається за формулою:

$$\eta_{и} = \frac{r_2}{r_{и}} = \frac{2,58}{2,98} = 0,867.$$

17. Коефіцієнт потужності визначається за формулою:

$$\cos\varphi_{и} = \frac{r_{и}}{z_{и}} = \frac{2,98}{8,4} = 0,355.$$

18. Струм визначається за формулою: ($\omega = 1$)

$$I_{и} = I_{и} = \sqrt{\frac{P_T}{r_2}} = \sqrt{\frac{1,705 \cdot 10^5}{(2,58 \cdot 10^{-3})}} = 8130 \text{ а.}$$

$$P_T = p_0 \cdot l_{и} \cdot a = 1,55 \cdot 10^7 \cdot 0,5 \cdot 0,22 = 1,705 \cdot 10^5 \text{ вт}$$

19. Напруга визначається за формулою:

$$U_{и} = I_{и} \cdot z_{и} = U_{и} = 8130 \cdot 8,4 \cdot 10^{-3} = 68,2 \text{ вт.}$$

20. Потужність, визначається за формулою:

$$P_{и} = \frac{P_T}{\eta_{и}} = \frac{1,705 \cdot 10^5}{0,867} = 197 \text{ кВт.}$$

21. Реактивна потужність конденсаторної батареї :

$$P_r = P_{и} \cdot \operatorname{tg}\varphi_{и} = 197 \cdot 2,63 = 520 \text{ квар.}$$

З експерименту отримано: $U_{и} = 65$ вт; $I_{и} = 8760$ а; $\eta_{и} = 82,4\%$;

$$\cos\varphi_{и} = 0,364.$$

Отримано:

$$r_1 + r_{ш} = 0,474 \cdot 10^{-3} \text{ ом; } r_{и} = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ ом; } x_{и} = 7,36 \cdot 10^{-3} \text{ ом;}$$

4.3. Принцип роботи наплавленого пристосування

На (рис. 4.1) показано конвеєр для індукційного наплавлення леміша, в якому дозатор забезпечений привідним затвором, шток приводу якого пов'язаний з притискним механізмом, виконаним у вигляді двох порожнистих конусів, встановлених один всередині іншого, причому внутрішній жорстко пов'язаний своєю вершиною зі штоком приводу затвора. Зовнішній конус встановлений на цьому штоку з і забезпечений конусною лійкою, зверненої до дозатору.

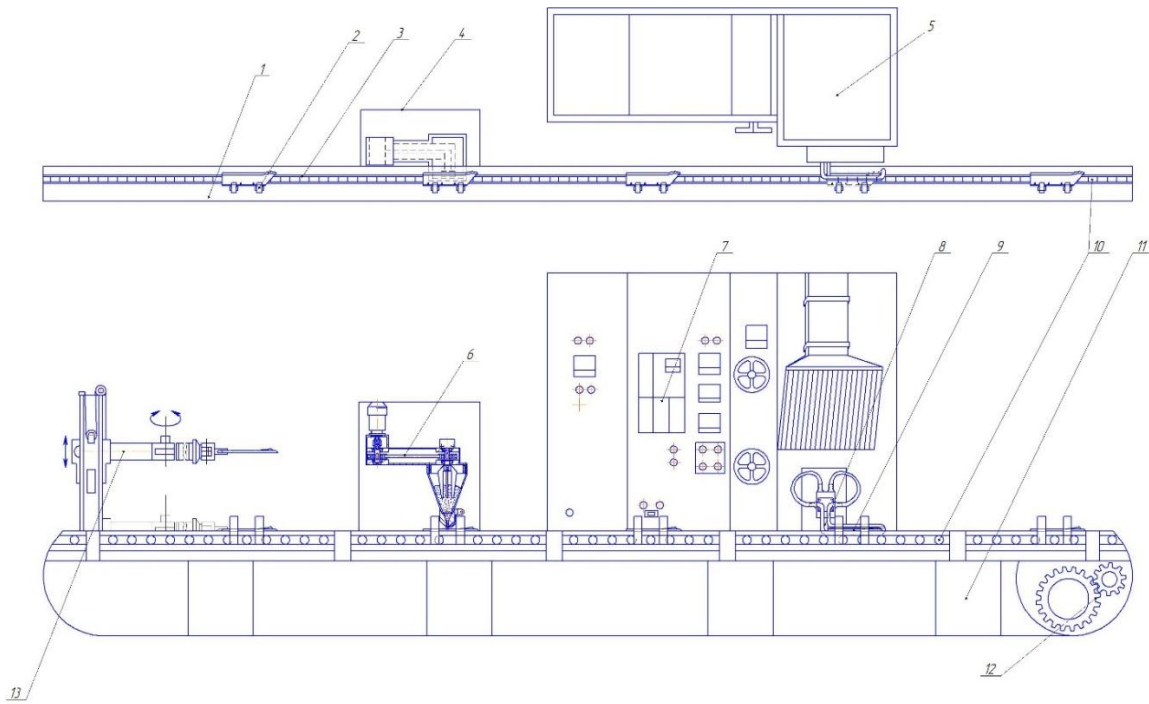


Рисунок 4.1 – Конвеєр для наплавлення лемішів

Конвеєрна стрічка 1, по якій леміш за допомогою направляючих 3, переміщається на наступну позицію. Роликовий притискач 2, за допомогою прямого ролику заходить на леміш, пружина прижимає клин, який зафіксує леміш 9, в одне положення при якому буде відбуватися наплавлення. Закріплений притискачем леміш подається до дозатора 6. Після нанесення шихти виріб поступає на наступну позицію під наплавлення високочастотним генератором 5 ВЧГЗ-160/0,066, який призначений для технологічних пристроїв індукційного нагріву деталей машин і інструменту при різних технологічних операціях і який був оснащений панеллю керування 7, а також відповідною вентиляція яка витягає з приміщення випари шихти та флюсу під час наплавлення. За допомогою індуктора 8 відбувається процес наплавлення леміша 9. При подачі струму високої частоти на індуктор 8 відбувається одночасне наплавлення леміша 9 по всій довжині.

Мідні вставки 10 забезпечують стрічку від перегрівання між виробом і індуктором. Конвеєр закріплений станиною 11. Механізм передачі деталі по стрічці за позиціями приводиться в дію від електродвигуна через черв'ячного редуктор 12.

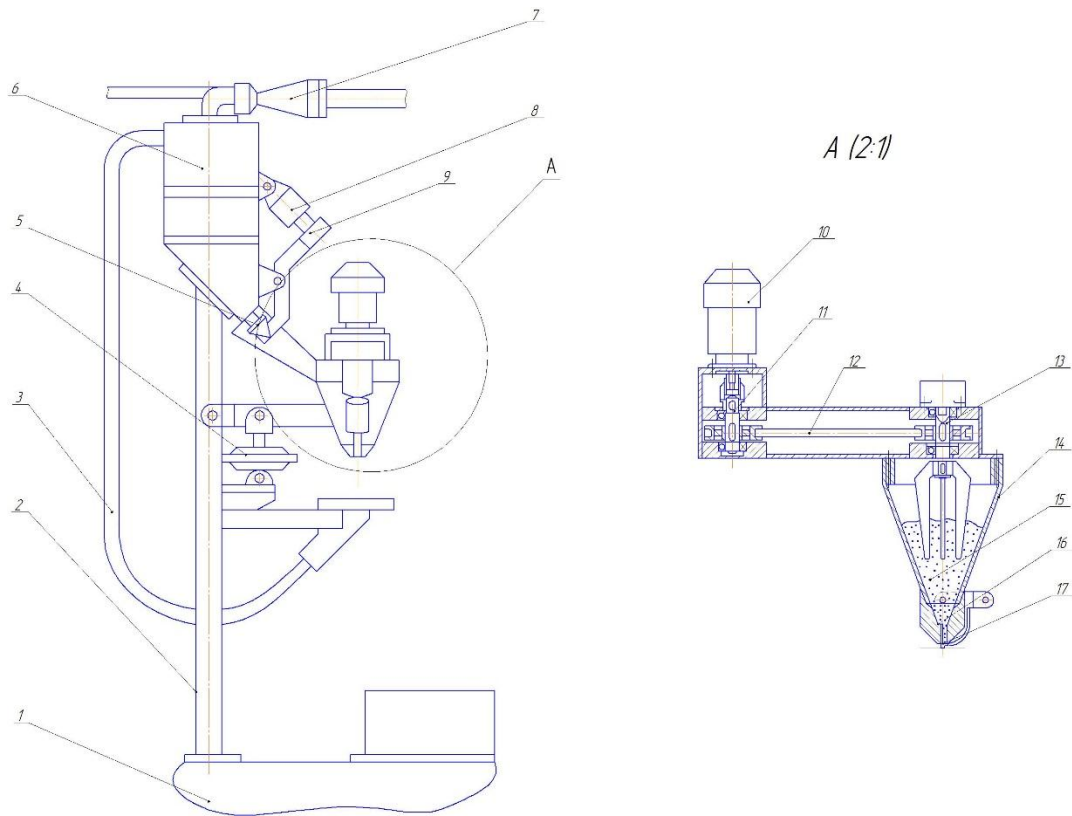


Рисунок 4.2 – Дозатор

1– електродвигун, 2 – муфта, 3 – привідний вал, 4 – поворотний вал,
5 – бункер, 6 – шихта, 7 – поворотна кришка, 8 – виймка, 9 – затвор

Дозатор складається з бункера 6 і щілинної виймки 16. Виймка дозатора розділена на дві частини, одна з яких закрита затвором 9, а інша закрита поворотною кришкою. Затвор 17 відкриваються автоматично при засипанні шити 15. В процесі витрачання шихти щілева виймка 16 автоматично поповнюється через бункер 6 через отвір, при цьому підтримується постійний рівень шихти 15 в виймці 16. За допомогою дозатора в установці досягається рівномірне засипання шихти на леміш і подальше його наплавлення.

За допомогою маніпулятора поворотних дій (рис 4.4) виріб транспортують на конвеєрну установку.

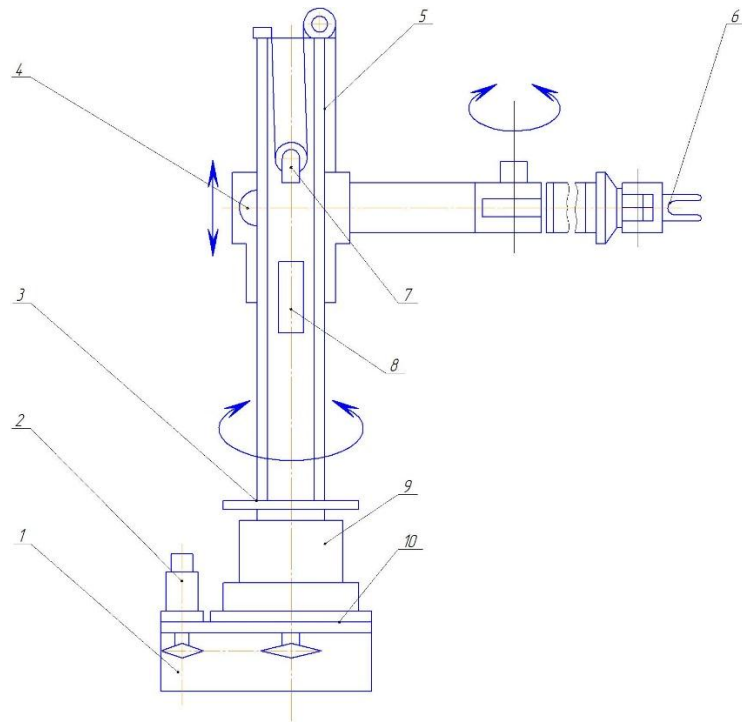
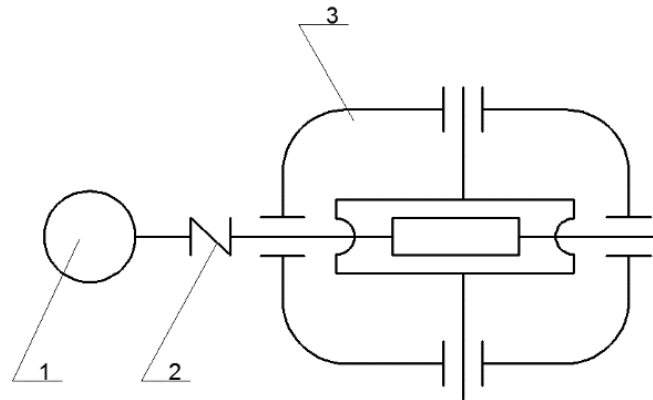


Рисунок 4.4 Загальний вигляд маніпулятора

5. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

5.1 Розрахунок елементів наплавленого пристосування в програмі MathCAD



1 – електродвигун; 2 – муфта; 3 – редуктор

Рисунок 5.1 – Кінематична схема одноступінчастого черв'ячного редуктора

Вихідними даними для проектування є потужність та швидкість обертання консольних вальців.

1. Параметри електродвигуна. [23, с. 390]:

Розрахувати черв'ячний редуктор загального призначення від електродвигуна 4А 132 М2 У3.

Синхронна частота обертання:

$$n1 := 3000 \text{ об/хв}$$

Потужність:

$$P_{ДВ} := 11 \cdot 10^{-3} \text{ кВт}$$

Ковзання:

$$s := 2,3 \cdot 10^{-4}$$

Передаточне число редуктора: $u=40$.

$$n_{ДВ} := 3000 - 3000 \cdot s = 2999,31 \text{ об/хв}$$

Кутова швидкість:

$$\omega_{ДВ} := \frac{\pi \cdot n_{ДВ}}{30} = 314,087 \text{ об/хв}$$

$$\omega_1 := \omega_{ДВ} = 314,087 \text{ об/хв}$$

$$n_2 := \frac{n_1}{u} = 75 \text{ об/хв}$$

$$\omega_2 := \frac{\omega_1}{u} = 7,8522 \text{ рад/с}$$

Вибираємо обертові моменти на валах:

$$u = 40 \quad \eta := 0,75 \quad P_{ДВ} := 11 \cdot 10^3$$

$$T_1 := \frac{P_{ДВ}}{\omega_1} = 35,0221$$

$$T_2 := T_1 \cdot u \cdot \eta = 1050,6643$$

Матеріали черв'ячного колеса приймаємо по табл.4.8, $v=10$ м/с, так як частота обертів складає 3000 об/хв. Для вінця черв'ячного колеса вибираємо бронзу Бр010Ф1; для черв'яка - вуглецеву сталь з твердістю HRC більше 45. в цьому випадку за [23,с.66 табл. 4.8] напруження складуть $\sigma_H=221$ МПа.

$$K_{FL} := 0,67 \quad \sigma_H := 148 \text{ МПа} \quad v := 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Число витків черв'яка z_1 приймаємо в залежності від передаточного числа: при $u=40$ приймаємо $z_1=1$ [23,с.66].

Число зубів черв'ячного колеса:

$$u = 40 \quad z_1 := 1$$

$$z_2 := z_1 \cdot u = 40$$

Приймаємо коефіцієнт діаметра черв'яка. Попередньо приймаємо коефіцієнт навантаження.

$$z_2 = 40 \quad q := 10 \quad K := 1,2$$

Визначаємо міжосьову відстань через умови контактної міцності:

$$a\omega := \left(\frac{z2}{q} + 1 \right) \cdot 3 \sqrt[3]{ \left(\frac{170}{\frac{z2}{q} \cdot \sigma_H} \right)^2 \cdot T2 \cdot K } = 23,5109$$

Приймаємо $a\omega=236$ мм.

Модуль складе:

$$m := \frac{2 \cdot a\omega}{z2 + q} = 9,44 \quad \text{мм}$$

Приймаємо по ГОСТ 2144-76 (табл.4.1 4.2) стандартне значення:

$$q := 10 \quad z2 := 40 \quad z1 := 1 \quad m := 10$$

Тоді перераховуємо між осьову відстань за стандартними значеннями m , q і $z2$:

$$a\omega := \frac{m \cdot (q + z2)}{2} = 250 \quad \text{мм}$$

Основні розміри черв'яка [23,с.387]:

$$q := 10 \quad m := 10$$

Ділильний діаметр черв'яка

$$d1 := q \cdot m = 100 \quad \text{мм}$$

Діаметр вершини витків черв'яка:

$$da1 := d1 + 2 \cdot m = 120 \quad \text{мм}$$

Діаметр впадин витків черв'яка:

$$df1 := d1 - 2,4 \cdot m = 76 \quad \text{мм}$$

Довжина нарізної частини шліфувального черв'яка [23,формула 4.7]:

$$z2 := 40$$

$$b1 := (11 + 0,06 \cdot z2) \cdot m + 25 = 159$$

Приймаємо:

$$b1 := 160 \quad \text{мм}$$

Ділильний кут піднімання витка (таблиця 4.3) [23,с.57] при:

$$\gamma := 5^\circ \quad m = 10 \quad q = 10 \quad z := 1$$

Основні розміри вінця черв'ячного колеса:

Ділильний діаметр черв'ячного колеса:

$$d_2 := z_2 \cdot m = 400 \text{ мм}$$

Діаметр вершин зубів черв'ячного колеса:

$$d_{a2} := d_2 + 2 \cdot m = 420 \text{ мм}$$

Діаметр впадин зубів черв'ячного колеса

$$d_{f2} := d_2 - 2,4 \cdot m = 376 \text{ мм}$$

Найбільший діаметр черв'ячного колеса:

$$d_{aM2} := d_{a2} + \frac{6 \cdot m}{z_1 + 2} = 440 \text{ мм}$$

Ширина вінця черв'ячного колеса:

$$d_{a1} = 120$$

$$b_2 := 0,75 \cdot d_{a1} = 90 \text{ мм}$$

Окружна швидкість черв'яка:

$$b_1 = 160 \text{ мм} \quad d_1 = 100$$

$$v_1 := \frac{\pi \cdot d_1 \cdot 10^{-3} \cdot 2931}{60} = 15,3467 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Швидкість ковзання:

$$\gamma := 5^\circ \quad v_1 = 15,3467$$

$$v_s := \frac{v_1}{\cos(\gamma)} = 15,4053 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Уточнюємо КПД редуктора [23,с. 58]:

По табл.4.4 при швидкості $v_s=15,5$ м/с при шліфованому черв'яку кут тертя $\rho=1^\circ$

КПД редуктора з втратою масла становить:

$$tg\gamma := 5^\circ \quad p := 1^\circ$$

$$\eta := \left(\frac{0,95}{0,96} \right) \cdot \frac{tg\gamma}{tg(\gamma + p)} = 0,8216$$

За табл 4.7 вибираємо 7 ступінь точності передачі і знаходимо значення коефіцієнта динамічності $K\beta = 1,25$.

Коефіцієнт нерівномірності розподілення навантаження [23, с. 64,65]

$$q = 10 \quad z1 = 1 \quad x := 0,6 \quad \theta := 108$$

$$K\beta := 1 + \left[\left(\frac{z2}{\theta} \right)^3 \right] \cdot (1 - x) = 1,0203$$

Коефіцієнт навантаження:

$$K := K\beta \cdot K = 1,2244$$

Перевіряємо контактні напруження по формулі 4.23 [23,с.62]:

$$T2 = 1050,6643 \quad q = 10$$

$$K = 1,2244 \quad z2 = 40$$

$$a\omega = 250$$

$$T2 \cdot K = 1286,4192$$

$$K\beta := \frac{170}{\frac{z2}{q}} \cdot \sqrt[3]{\frac{(T2 \cdot K) \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{z2}{q} \right)^3}{a\omega^3}} = 97,5574 \text{ МПа}$$

$$\sigma_H = 148 \quad K\beta = 97,5574$$

$$K\beta < \sigma_H d$$

$$97,5574 < 148 \text{ МПа}$$

Провіряємо міцність зубів черв'ячного колеса на згин.

Еквівалент числа зубів:

$$\cos\left(\gamma^2\right) = 1 \quad z2 = 40$$

$$z_v := \frac{z_2}{\cos\left(\gamma^2\right)} = 40,0012$$

Коефіцієнт форми зуба по табл. 4.5 [23,с.63]:

$$Y_F := 2,27$$

Напруження згину знаходимо по формулі 4.24 [23,с.63]:

$$T_2 := 1050,643 \cdot 10^3 \quad z_2 = 40 \quad m = 10 \quad K = 1,2244 \quad b_2 = 90$$

$$\sigma_f := \frac{1,2 \cdot T_2 \cdot K \cdot Y_F}{z_2 \cdot b_2 \cdot m^2} = 9,7337$$

Основне допустиме напруження згину по табл.4.8 [σ_f]=51 МПа.

Розрахунок допустимого згину розраховується за формулою [23, с. 67]:

$$K = 1,2244$$

$$|\sigma_f| \cdot K = 11,9178 \text{ МПа}$$

Міцність черв'ячного редуктора забезпечена.

6. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

Індукційне наплавлення дозволяє підвищити довговічність робочих органів у 2,5-4 рази, при цьому за весь період наплавлення деталі не потребують ремонту.

Ґрунтообробні машини мають багато швидкозношуваних деталей, що, природно, знижує коефіцієнт рівномірності (відношення вартості деталей нової машини до вартості цих деталей і запасних частин, використовуваних за весь термін служби машини). Особливо часто доводиться міняти та ремонтувати робочі органи.

За даними ГОСТ коефіцієнт рівномірності леміша при роботі в середніх умовах дорівнює 0,433, а при застосуванні в тих же умовах зміцнених лемішів підвищується на 18,5 % і досягає 0,510.

Застосування зміцнених робочих органів підвищує коефіцієнт стабільності регулювань, в якому враховуються витрати на ремонт, монтаж і демонтаж деталей, мастило і регулювання машини за час її експлуатації. В результаті застосування на плугах зміцнених лемішів коефіцієнт стабільності регулювань підвищується на 64%. Це свідчить про зменшення обсягу ремонтних робіт і технічного обслуговування при експлуатації.

Остаточною оцінкою доцільності зміцнення є економічний показник, в якому поряд з додатковими витратами на виготовлення деталей з покращеними якість враховується ефект від їх використання при експлуатації [22, 171с.].

У нових умовах планування і матеріального стимулювання підприємство проводить розрахунки ефективності підприємств, що підвищують якість продукції. При цьому ціна зміцнених деталей повинна бути такою, щоб можна було забезпечити прибуток на одиницю продукції не нижче, ніж при випуску деталей без зміцнення.

Різниця між фактичним і нормативним прибутком на одиницю виробу до зміцнення [22, с. 172]:

$$П_a = (Ц_a - C_a)E_n \cdot K_a, \quad (6.1)$$

а після зміцнення

$$П_b = (Ц_b - C_b)E_n \cdot K_b, \quad (6.2)$$

де $П_a, П_b$, - різниця між фактичною і нормативною доходами до і після зміцнення;

$Ц_a, Ц_b$ - ціна одиниці продукції до і після зміцнення, $Ц_a = 200$ грн., $Ц_b = 300$ грн.;

C_a, C_b - собівартість одиниці продукції до і після зміцнення, $C_a = 250$ грн., $C_b = 150$ грн.;

E_n - нормативний прибуток виробних фондів 65% з однієї деталі продукції, $C_n = 18300 \cdot 65\% = 12000$ грн.;

K_a, K_b - питомі капітальні вкладення або виробничі фонди, віднесені до одиниці продукції, $K_a = 600$ грн., $K_b = 400$ грн.;

Додатковий прибуток підприємства від проведення по підвищенню якості виробів визначається по формулі.

$$E = E_n \cdot (K_a - K_b) + (C_a - C_b) \div (Ц_b - Ц_a), \quad (6.3)$$

$$E = \frac{12000 \cdot (600 - 400) + (250 - 150)}{(300 - 200)} = 24000 \text{ грн}$$

Захід по підвищенню якості зазвичай збільшує фондоємність продукції і собівартість, але і ці збитки обов'язково повинні бути перекриті додатковим прибутком від підвищення ціни продукції. Джерелом цього прибутку являється прибуток, що виникає при експлуатації машин з робочими органами.

Отже, економічна доцільність випуску зміцнених деталей в області виробництва визначається встановленням нових цін, що забезпечують норму прибутку.

У сфері експлуатації при роботі зміцненими робітниками органами крім економки за рахунок зниження витрат на ремонти та купівлю запасних частин різко знижуються втрати, викликані простоями сільськогосподарської техніки.

Неплановий простій машини, пов'язаний з ремонтом затупляючих робочих органів, можна оцінити коефіцієнтом простою [17, с. 173]:

$$K_n = \frac{\sum t_n}{T_n}, \quad (6.4)$$

де $\sum t_n$ - сумарний час непланового простою в %, $\sum t_n = 0,65\%$;

T_n - розрахункова тривалість агротехнічного періодах в %, $T_n = 0,78\%$.

$$K_n = \frac{0,65}{0,78} = 0,83\%$$

Означає, що в період коли лінія забезпечена всім необхідним вона складає 83% часу, інших 17% складає простій для зміни і регулювання всіх необхідних інструментів.

Величина K_n завжди менше одиниці, при цьому ніж вона більше, тим для виконання необхідного обсягу роботи в встановлені агротехнічні терміни більше буде потрібно резервних машин і тим нижче буде продуктивність тракторного агрегату.

Кількість ремонтів резервних машин визначається за формулою:

$$Z = \frac{K_n}{1-K_n}, \quad (6.5)$$

$$Z = \frac{0,83}{1-0,83} = 4,88\%$$

Річні витрати C_r підприємства за рік отримують за формулою:

$$C_r = Z \cdot C_i \cdot (e + d + l) + 0.5 \cdot g_\mu \cdot K_n, \quad (6.6)$$

$$\begin{aligned} C_r &= 4,88 \cdot 80000 \cdot (450000 + 4000 + 30000) + 0,5 \cdot 7000 \cdot 1305 \cdot 0,83 \\ &= 1,88 \cdot 10^7 = 18\,000\,000 \text{ млн грн/рік} \end{aligned}$$

де e - нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень, часткою/рік, $e = 450000$ грн/рік;

d - норма річних відрахувань на реновацію 3% з одного генератора, $d = 2400$ грн;

l - норма річних відрахувань на зберігання машини, $l=15000$ грн/місяць;

g - середня ставка робочого, $g = 7000$ грн/місяць;

μ - частка оплачуваного простою, $\mu = 20$ грн/день = 460 грн/місяць;

C_i - вартість одного генератора $C_i = 80000$ грн.

Економія, одержувана від ліквідації ремонтів, пов'язаних з затупленням робочих органів, складе:

$$C_{\text{рем}} = \left(\frac{W_{\Gamma}}{W_{\text{рем}}} - \frac{W_{\Gamma}}{W_{\text{изм}}} \right) \cdot t_{\text{рем}}, \quad (6.7)$$

де W_{Γ} - річне вироблення агрегату, з одного генератора
 $W_{\Gamma} = 20\% \cdot 80000 = 16000$ грн;

$W_{\text{рем}}$ - вироблення робочого органу до затуплення, з одного генератора
 $W_{\text{рем}} = 50\% \cdot 80000 = 40000$ грн;

$W_{\text{изм}}$ - вироблення робочого органу до вибракування, з одного генератора
 $W_{\text{изм}} = 90\% \cdot 80000 = 82000$ грн;

$t_{\text{рем}}$ - вартість одного ремонту робочого органу, з одного генератора
 $t_{\text{рем}} = 50\% \cdot 80000 = 56000$ грн.

$$C_{\text{рем}} = \left(\frac{16000}{40000} - \frac{16000}{82000} \right) \cdot 56000 = 12478,8 \text{ грн/рік.}$$

Для наплавлення використовується велика кількість зносостійких сплавів, що мають різну вартість. Вибір зносостійких сплавів за найменшою ціною наплавочного матеріалів, без урахування зносостійкості, може призвести до більшого економічного збитку. У свою чергу, вибір зносостійких сплавів тільки по їх зносостійкості також може бути нерентабельним. Вибір найбільш раціонального варіанта наплавлення повинен залежати від зносостійкості наплавочного сплаву та техніко-економічної ефективності його застосування. Найбільш зручно техніко-економічну ефективність застосування наплавочних матеріалів виробляти за методикою, запропонованої В. Г. Колесовим [17, с. 174]

При виборі сплаву для зміцнення конкретної деталі техніко-економічний ефект визначається для кожного варіанта наплавлення за формулою:

$$E_a = \left(\frac{C}{L} - \frac{C_n}{L_n} \right) \cdot L_o \cdot n, \quad (6.8)$$

де C , C_n -собівартість стандартної і наплавленої деталі,
 $C = 200$ грн, $C_n = 300$ грн;

L , L_n - обсяг виконаної роботи агрегатом до повного зносу стандартної і наплавленої деталі, $L = 8000$ грн., $L_n = 10000$ грн.;

L_o - обсяг роботи, для якого визначається ефективність, $L_o = 50$

n - число деталей, встановлених на випробувальному агрегат, $n = 10000/$

$$E_a = \left(\frac{200}{10000} - \frac{300}{8000} \right) \cdot 50 \cdot 10000 = 2500 \text{ грн.}$$

Відносна ефективність E , визначається з відношення:

$$E = \left(\frac{Ck}{C_n} \right), \quad (6.9)$$

де K -коефіцієнт відносної зносостійкості, визначається за формулою:

$$k = \left(\frac{L_k}{L} \right), \quad (6.10)$$

$$k = \left(\frac{10000}{8000} \right) = 1,25\%$$

Тоді:

$$E = \left(\frac{200 \cdot 1,25}{300} \right) = 0,83\%$$

Відносна ефективність - 0,83%.

Якщо величина E менше одиниці, застосування даного варіанти наплавлення економічно недоцільно.

Собівартість наплавленої деталі орієнтовно можна визначити за формулою, де:

$$C_n = C + Q_n \cdot k_m \cdot C_m + (b_n \cdot t_n + b_n \cdot t_n) \cdot (1 + H) + Q_n \cdot k_\phi \cdot C_\phi, \quad (6.11)$$

$$C_H = 300 + 38 \cdot 1,12 \cdot 0,38 + (30 \cdot 60 + 30 \cdot 90) \cdot (1 + 3) + 0,025 \cdot 0,2 \cdot 25 = 18300 \text{ грн.}$$

Q_H - вага зносостійкого сплаву, наплавленого на одну деталь, в кг.,

$$Q_H = 38 \text{ грн/кг.};$$

k_M - коефіцієнт, що враховує втрати сплаву; $k_M = 1,08 - 1,12$;

k_Φ - коефіцієнт, що враховує кількість флюсу у шихті; $k_\Phi = 0,12 - 0,2$;

Π_M і Π_Φ - ціна 1 кг наплавочного матеріалу і флюсу в грн.,

$$\Pi_M = \Pi_\Phi = 25 \text{ грн.};$$

b_H , і b_n , - годинна тарифна ставка наплавника і робочих, додатковими підготовчими операціями, $b_H = b_n = 30 \text{ грн/ год.};$

t_H, t_n - тривалість наплавлення додаток підготовчий час в ч на 1 деталь,

$$t_H t_n = 90 \text{ с.};$$

N - коефіцієнт, що враховує накладні витрати; $N = 1,5 \dots 3$.

Тривалість індукційної орієнтовно визначається за формулою:

$$k = \frac{Q_H}{q}, \quad (6.12)$$

$$k = \frac{0,025}{90} = 0,0003 \text{ м/год.,}$$

де q - годинна продуктивність індукційної наплавлення в залежно від товщини наплавленого шару (від 3 кг для тонких шарів до 9 для шарів 2 мм і більше).

Коли тривалість наплавлення встановлена досвідченим шляхом, у формулу (6.11) підставляються усереднені експериментальні дані.

Як приклад наведені дані по техніко-економічній ефективності застосування наплавлювальних матеріалів для виготовлення леміша (табл. 6.1).

Таблиця 6.1 - Техніко-економічної ефективності застосування наплавлюваних матеріалів для виготовлення леміша

Наплавлений матеріал	Ціна сплаву C_M грн/кг	Розхід сплаву Q_H грн/кг	Коефіцієнт розрахований на втрати сплаву K_M	Коефіцієнт флюсу в шихті K_Φ	Собівартість $C_{нг}$, грн	Коефіцієнт зносостійкості k	Ефективність E_o
ПГ-УС25	38	25	1,1	0,2	18300	3,9	0,83

На підставі даних (табл. 6.1) можна зробити висновок економічної доцільності використання для зміцнення леміша сплав ПГ УС25.

При використанні зміцнених лемішів вартість обробки 1га при напавленні сплаву ПГ-УС25 в середньому знижується на 10%, крім того, застосування зміцнених лемішів за рахунок підвищення продуктивності еквівалентно збільшенню агрегатів на 2,5% .

За аналогічною схемою може бути виконаний аналіз економічної доцільності застосування методу індукційної напавлення для зміцнення інших швидкозношуваних деталей машин.

7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Санітарно-гігієнічні умови і обов'язкові заходи щодо техніки безпеки регламентуються «Системою стандартів безпеки праці», «Будівельними державними нормами» (ДНБ, СНіП), при виконанні окремих видів робіт, правилами безпечної експлуатації окремих видів устаткування, єдиним вимогам безпеки до конструкцій устаткування, різними інструкціями, вказівками і іншими документами. Всі особи, що поступають на роботу, пов'язану із наплавленням, повинні проходити попередні і періодичні медичні огляди [24, с. 80].

Міністерством охорони здоров'я України встановлені норми гранично допустимих концентрацій (ГДК), що необхідна для розчинення шкідливих аерозолів до ГДК.

7.1 Заходи для захисту від ураження електричним струмом в спроектованому цеху (дільниці)

Основними вимогами безпеки, що ставляться до конструкції машин та механізмів, є безпека для здоров'я та життя людей, надійність та зручність експлуатації.

Загальні вимоги до виробничих процесів регламентуються ГОСТ 12.3.002-75. Вони передбачають: усунення безпосереднього контакту працівників з вихідними матеріалами, заготовками, напівфабрикатами, готовою продукцією та відходами виробництва, котрі спричиняють небезпечну дію.

Оскільки при виготовленні леміша є можливість ураження оператора електричним струмом, опіків від розплавлених частин металу чи шлаку, наявності рухомих частин приводу лінії і забруднення атмосфери.

Ураження струмом високої частоти можливе, коли машина незаземлена, чи при пробі трансформатора, при перемиканні напруги без вимкнення трансформатора від мережі. У зварювальних трансформаторах

передбачаються системи блокування, що запобігають ураженню струмом високої напруги, наприклад закрито доступ до перемикача при не вимкненому первинному колі; дверцята шаф, пультів, станин з відкритими струмоведучими частинами, що перебувають під напругою, мають блокування, що забезпечує зняття напруги при їх відкриванні.

Основними заходами захисту від ураження електричним струмом є:

- уникнення контакту людини з струмоведучими частинами, які знаходяться під напругою;
- уникнення небезпеки ураження електричним струмом при можливій появі напруги на корпусах та інших частинах електрообладнання;
- забезпечення недоступності струмоведучих частин для випадкового доторкання;
- використання ізоляції струмоведучих частин;
- використання методів колективного захисту від ураження електричним струмом:
 - захисного заземлення, занулення та автоматичного відключення;
 - періодична перевірка опору заземлення;
 - контроль та профілактика пошкоджень ізоляції.

Уникнення випадкового контакту людини з струмоведучими частинами електрообладнання забезпечується ізоляцією струмоведучих частин. Стан ізоляції характеризується її електричною міцністю, діелектричними втратами та електричним опором. Ізоляція запобігає протіканню струмів через неї завдяки великому опору.

Для уникнення небезпеки при ураженні електричним струмом, а також при появі напруги на корпусах та інших частинах електрообладнання необхідно застосовувати захисне заземлення.

Захисне заземлення - це електричне з'єднання з землею або з її еквівалентом металевих не струмоведучих частин, які можуть опинитись під напругою. Призначення захисного заземлення це усунення небезпеки ураження людей електричним струмом при появі напруги на конструктивних частинах електрообладнання, тобто при замиканні їх на корпусах.

Захисне заземлення має за мету знизити напругу дотику між корпусом електроустановки і землею до 42 В, і менше, що виникає в результаті ушкодження чи пробоя ізоляції струмопровідних частин. Захисне заземлення варто відокремити від заземлення для захисту від розрядів статичної й атмосферної електрики.

Для електроустановок, що живляться напругою до 1000 В від мереж малої довжини з малими струмами замикання на землю (не більше 5 А), опір заземлювального пристрою повинен бути не більше 4 Ом. До таких мереж на підприємствах відносяться мережі з напругою 380/220 В, прокладені на території підприємств від трансформаторних підстанцій для живлення споживачів електроенергії й освітлювальних установок підприємства.

Якщо електроустановка живиться від винесених трансформаторів і генераторів потужністю до 100 кВА опір заземлювального пристрою повинен бути не більшим 10 Ом . Такі мережі мають малу довжину і розгалуженість, а струми замикання на землю в них не перевищують 0,1-0,2 А. До таких мереж відносяться мережі живлення від дизель-генераторних установок (під час аварій у міських системах електропостачання).

Допоміжне з'єднання з землею нейтральних точок обмоток генераторів, силових і вимірювальних трансформаторів, дугогасних апаратів та інших ланцюгів для забезпечення нормальної роботи електроустановок називається робочим заземленням. Заземлення для захисту від розрядів статичної й атмосферної електрики здійснюється для відводу цих зарядів у землю.

Захисному заземленню підлягають металеві не струмоведучі частини обладнання, котрі через несправність ізоляції можуть опинитися під напругою і до котрих можливий дотик людей [24, с. 89].

7.2 Розрахунок штучного освітлення для спроектованого цеху з використанням ламп розжарювання

Характер технологічних операцій в складально-зварювальних цехах (робота на нефіксованих місцях) визначає доцільність створення системи загального освітлення локалізованого або рівномірного загального з використанням переносних світильників місцевого освітлення. З урахуванням можливості використання газорозрядних джерел світла доцільно підвищити рівні освітленості при електрозварювальних роботах до 500 лк при загальному і місцевому освітленні і до 300 лк при одному загальному освітленні.

Під кранами мають бути підвішені додаткові світильники, які компенсують затемнення робочих місць. При зварюванні усередині місткостей слід використовувати світильники спрямованої дії, які розташовані зовні, або ручні переносні світильники, що мають захисну сітку (трансформатор має бути встановлений зовні, його вторинна обмотка заземлена; не допускається застосування автотрансформаторів).

Світильники, вікна і світлові ліхтарі необхідно очищати в міру забруднення (не рідше за один раз в три місяці).

Забарвлення стін доцільно виконувати спеціальними фарбами, що мають високий коефіцієнт віддзеркалення для видимої частини спектру і низький коефіцієнт - для ультрафіолетових променів [25].

Для роботи по виготовленню зварного з'єднання двотаврової балки при рівномірному розміщенні світильників загального освітлення і горизонтальної поверхні основним є, так званий, метод коефіцієнту використання світлового потоку.

Розрахунок проводиться за формулою [26, с. 85]:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot Z \cdot K_s}{N \cdot \eta}, \quad (7.1)$$

де Φ – світловий потік, потрібний для забезпечення заданої освітленості, ЛМ;

E_n – нормова освітленість, лк;

S – площа приміщення, м²;

$Z(1,15)$ – коефіцієнт, що враховує відношення середньої освітленості;

K_z – коефіцієнт запасу, що приймається в залежності від забрудненості повітря в приміщенні за таблицею [26, с. 91] в СНиП II-4-79 ($K_z=1,5$);

N – кількість ламп;

η – коефіцієнт використання світлового потоку; коефіцієнт використання світлового потоку η визначається за світлотехнічними таблицями. Для цього потрібно знайти індекс приміщення i та приблизно оцінити коефіцієнт відбивання поверхонь приміщення: I_c – стелі; I_{cm} – стін; I_p – робочої поверхні.

Індекс приміщення i знаходимо за формулою [26, с. 90]:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)}, \quad (7.2)$$

де S – площа ділянки цеху, м²;

h – розрахункова висота (відстань від світильника до робочої поверхні), м;

A і B – довжина і ширина приміщення, м; ($S=80$ м²; $h=3,4$ м; $A=4$; $B=20$ м).

$$i = \frac{80}{3,4 \cdot (8 + 10)} = 1,3$$

За таблицею знаходимо відповідні значення I :

$$I_c=70 \% ; I_{cm}=50 \% ; I_p=30 \%$$

$$\Phi = \frac{300 \cdot 80 \cdot 1,15 \cdot 1,5}{0,65} = 63692,3 \text{ ЛМ.}$$

Необхідну кількість ламп визначаємо за формулою [26, с. 89]:

$$N = \frac{\Phi}{2 \cdot E_n}, \quad (7.3)$$

де E_n – світловий потік лампи;

$$N = \frac{63692,3}{2 \cdot 2105} = 15 \text{ шт.}$$

Приймаємо 16 штук.

Для освітлення автомата використовуємо лампи ЛД-40-4, які мають наступні технічні характеристики [26, с. 91]:

- світловий потік – $E_{л}=2105$ ЛМ;
- довжина лампи – $L=1,213$ м;
- потужність – $P=40$ Вт;
- діаметр лампи – $d=0,04$.

Також використовуємо двохламповий світильник без перфорації з решіткою типу ЛДГ, що має такі характеристики:

- довжина – 1,3 м;
- ширина – 0,27 м.

Світильники розташовуємо в 2 ряди по вісім штук в кожному ряду. Відстань між рядами світильників розраховуємо за формулою:

$$L = \frac{8 - 2 \cdot 1,3}{2} = 2,7 \text{ м};$$

$$L = \frac{10 - 8 \cdot 0,27}{8} = 0,98.$$

7.3 Пожежна профілактика в спроектованій дільниці

Дільниця рахується правильно спроектована у тому випадку, коли разом з вирішенням функціональних, міцністних, санітарних та інших технічних і економічних вимог забезпечені умови пожежної безпеки.

Всі будівельні матеріали по займанню поділяються на три групи:

- незгораючі, які під дією вогню або високих температур не займаються і не обвуглюються;

- важкозгораючі, які можуть займатися і продовжувати горіти тільки при постійній дії стороннього джерела займання (наприклад, конструкції з дерева, які просочені або покриті вогнезахисними сумішами);

- згораючі, які можуть самостійно горіти після видалення джерела займання (до них відносять більшість пластичних матеріалів, в тому числі які застосовуються в будівництві).

Займання будівельних конструкції визначають, як правило, по займанню матеріалів з яких вони виготовлені.

В умовах пожежі, крім високих температур, на будівельні конструкції впливають їх власна маса та експлуатаційні навантаження, а також додаткові статичні навантаження (від пролітої при тушінні пожежі води або уламків конструкції, що завалилися) та динамічний вплив (водяні струмені або уламки, що падають). В результаті вказаних впливів несучі конструкції деформуються та втрачають міцність. Крім того, при пожежі конструкції можуть нагрітися до небезпечних температур, прогоріти або отримати наскрізні тріщини, що може привести до розповсюдження пожежі в суміжні приміщення [27, с. 353].

Підвищити вогнестійкість будівель та споруд можна облицюванням або оштукатурюванням металічних конструкцій. Перевагою користуються облицювальні матеріали, які мають мінімальну масу та мінімальний коефіцієнт теплопровідності.

Протипожежні стіни повинні бути виконані з незгораючих матеріалів, мати межу вогнестійкості не менше 2,5 годин і опиратися на фундаменти. Протипожежні стіни розраховують на стійкість з врахуванням можливості однобічного завалення перекриття та інших конструкцій при пожежі.

При виникненні пожежі люди повинні покинути будівлю на протязі мінімального часу, який визначається найменшою віддаллю від місця їх знаходження до виходу назовні [24, с. 357].

Як правило, виникнення пожежі в будівлях та спорудах супроводжується виділенням великої кількості диму, який затемнює

приміщення та утруднює умови евакуації та гасіння пожежі. Крім того дим володіє задушливими властивостями.

Видалення газів та диму із приміщення, в якому виникла пожежа, проводиться через віконні прорізи, аераційні ліхтарі, а також за допомогою спеціальних димових люків, конструкцій, що легко скидаються. Димові люки призначені для видалення продуктів згоряння, забезпечення не задимлених суміжних приміщень та керування процесами горіння на пожежах (для того, щоб надати полум'ю бажаного напрямку).

Димові люки встановлюються у підвальних приміщеннях, в перекриттях складських та безліхтарних виробничих будівель [24, с. 358].

7.4 Стійкість роботи підприємства в надзвичайних ситуаціях

Цивільна оборона України зорганізується за територіально-виробничим принципом на всій території і являє собою сукупність структур державного управління, підприємств, організацій і спеціально створених органів керівництва та сил цивільної оборони. Заходи цивільної оборони проводяться на всій території держави, як правило, з врахуванням особливостей кожного району.

Територіальний принцип полягає в організації цивільної оборони на території областей, міст і районів, сільських місцевостей відповідно до адміністративного поділу території. Згідно з цим, відповідальність за стан цивільної оборони на цих територіях несуть виконавчі органи влади, а начальниками цивільної оборони, які безпосередньо здійснюють керівництво цивільною обороною є голови виконавчих органів влади.

Виробничий принцип полягає в організації цивільної оборони в кожній установі, підприємстві.

На цивільну оборону підприємства покладені такі основні обов'язки:

- оповіщення працівників та членів їх сімей при загрозі нападу, стихійного лиха і катастроф;

- забезпечення сховищами працюючої зміни, підтримка в сані постійної готовності захисних споруд і спеціальних споруд ЦО;
- проведення заходів, що забезпечують стійкість роботи об'єкту в мирний та воєнний час;
- створення, підготовка і підтримка в постійній готовності сил ЦО об'єкту.

Сучасний типовий комплекс промислового підприємства складають споруди і будівлі, в яких розміщуються виробничі цехи, верстатне і технологічне обладнання, будівлі енергетичного господарства, системи енергопостачання, інженерні і паливні комунікації, окремо розташовані технологічні установки, мережа внутрішнього транспорту, системи зв'язку і управління, складське господарство, різноманітні будівлі і споруди адміністративного, побутового і господарського призначення [28, с.196].

8. ЕКОЛОГІЯ

8.1 Актуальність охорони навколишнього середовища

Напевно, немає такої галузі виробництва, яка б не наносила серйозних збитків навколишньому середовищу, не порушувала б встановленої динамічної рівноваги в природі.

Для їх дотримання необхідно використовувати технологічні процеси та обладнання, котрі знижують викиди шкідливих речовин в атмосферу; експлуатувати виробниче та енергетичне обладнання, яке виділяє мінімальну кількість шкідливих речовин. Сучасні вимоги до якості та ступеня очищення викидів досить високі.

У зварювальному виробництві очищення повітря та води, а також утилізація відходів є основним екологічним завданням, яке необхідно вирішити. Тому слід розробляти природоохоронні заходи:

- впровадження безвідходного виробництва;
- впровадження на виробництві нових технологій очистки води і повітря та інше.

Під час технологічного процесу виготовлення відбивачів світильників виникають електромагнітні забруднення, забруднення стічних вод, в атом-сферу потрапляють токсичні гази і пил, забруднення твердими відходами.

На території машинобудівного підприємства утворюються стічні води трьох видів: побутові, поверхневі, промислові. Основними видами забруднень стічних вод на даному підприємстві механічні суспензії – пісок, окалина, металічна стружка, абразивний порошок, пил, волокна, а також мінеральні мастила, розчинники [29, с.78].

8.2 Заходи зі зменшення забруднення довкілля

В процесі реалізації технологічного процесу наплавлення виникають такі забруднення: електромагнітне забруднення, забруднення води, забруднення твердими відходами, забруднення повітря від флюсу та шихти.

При проведенні наплавлюваних робіт в атмосферу потрапляють токсичні гази і флюс. Електромагнітним джерелом забруднення є трансформатор, електроустаткування, що використовується в процесі наплавлення. Тому слід застосовувати спеціальні заходи із захисту навколишнього середовища. Небезпека електромагнітних полів полягає в тому, що їх дія на організм є прихованою і його не може бути виявлено без спеціальних засобів. Слід зазначити, електромагнітні поля штучного походження значно перевищують рівень природного фону. Підвищений рівень електромагнітних полів спричиняє порушенню біологічної рівноваги в районі дії, а отже веде до погіршення екологічної обстановки в цілому.

Установка для наплавлення, як джерело електромагнітного випромінювання справляє хоча на перший погляд, і непомітний вплив на людський організм проте під час тривалого перебування в зоні його дії може бути досить небезпечним. Слабкими місцями установки й людини виявилися нервова, імунна, ендокринна системи. Особи, які довгий час перебувають у контакті з електромагнітним випромінюванням, скаржаться на слабкість, втомлюваність, дратівливість, послаблення пам'яті, порушення сну. Такого висновку дійшли працівники Інституту екології людини, проаналізувавши результати численних досліджень, виконаних у різних країнах світу. Нервова система, особливо певні структури головного мозку, дуже чутлива до електромагнітних полів малої інтенсивності. Ці поля здатні відхиляти нервові імпульси, впливати безпосередньо на нервові клітини, змінювати проникність гематоенцефалічного бар'єра [30].

Слід чітко розрізняти концепцію обмеження виробничого використання, про яку велась мова раніше, та концепцію обмеженого виробництва, як наслідок використання. Сучасна стратегія охорони довкілля і політика нашої держави не підтримує концепцію зниження виробництва. Слід обмежувати використання природних ресурсів (при високому рівні виробництва) за рахунок їх раціонального використання, розробки маловідходних та безвідходних технологій.

Сучасний розвиток очисних технологій дозволив стабілізувати, а в окремих випадках знизити викиди в навколишнє середовище, особливо стосовно забруднення атмосфери та гідросфери. Скорочення об'ємів забруднення вдається досягти за допомогою дорогих заходів, причому слід очікувати подорожчання обладнання при підвищенні ступеня очистки.

Хоча можливості очисних технологій, якими займається техноекологія, ще не вичерпані, але в подальшому їм не можна надавати пріоритетного значення, так як вловлювання викидів саме по собі не вирішує проблему промислових відходів. Поставлено питання використання промислових відходів, що дозволить не тільки зменшити забруднення навколишнього середовища, але і знизити витрати на основне виробництво порівняно з витратами на одержання продукції з первинної сировини.

Можливості оптимізації використання ресурсів в цілому на основі утилізації відходів надзвичайно високі, причому цей напрямок практично не використовується. Наприклад, розрахунки проведені для гірничодобувних галузей промисловості показали, що сучасний рівень виробництва може бути забезпечений при зниженні об'єму добування гірничої маси на 20–25 % за рахунок виробництва 80 % будівельних матеріалів із відходів. При цьому собівартість продукції знизиться на 10–15 %, а також покращиться екологічний стан в гірничодобувних районах (проблема відвалів та териконів шахт).

8.3 Забруднення повітря

Джерелом забруднення атмосферного повітря називається - технологічний агрегат (установка, пристрій, апарат) , що виділяє в процесі експлуатації шкідливі речовини.

Згідно ГОСТ 17.2.1.04 - 77 джерела викидів речовини поділяються на організовані і неорганізовані. Організований промисловий викид - викид, який надходить в атмосферу через спеціально збудовані газовідводи, повітрепроводи і труби. Неорганізованим називається викид , що надходить в атмосферу у вигляді направлених потоків газу, в результаті порушення герметичності обладнання, відсутності чи незадовільної роботи відсосів у місцях перевантаження чи зберігання продукту. Викиди шкідливих речовин класифікуються у відповідності з ГОСТ 17.2.1.01 - 76 за такими ознаками: агрегатному стану і кількістю речовини, яка викидається.

В залежності від агрегатного стану шкідливих речовин викиди поділяються на класи:

- 1 газів речовини;
- 2 пароподібні речовини;
- 3 рідкі;
- 4 тверді;
- 5 змішані.

У відповідності з ГОСТ 17.2.03.0278 для кожного джерела забруднення атмосфери повинна бути встановлена гранично допустима

норма викиду, що являє собою науково-технічний норматив, який забезпечує умови, при яких викиди шкідливих речовин від даного джерела і від сукупності джерел з врахуванням перспективи розвитку промислових підприємств і розсіювання домішок в атмосфері не створять приземні їх граничнодопустимі значення для населення, рослинного і тваринного світу.

[31, с. 223]

Характер розвитку і тяжкість протікання захворювань зварників, викликаних шкідливими речовинами зварювальними аерозолями, залежать від їх концентрації в зоні дихання.

При наплавленні в навколишнє середовище виділяється незначна кількість флюсу та порошоків. Однак при наявності іржі, масла, емульсій, антикорозійних та інших покриттів, при зварюванні деталей з кольорових металів утворюється значна кількість аерозолю, що містить шкідливі речовини. Причому вміст у повітрі аерозолю збільшується з підвищенням потужності машин високих струмів. [31, с.62].

Для очищення повітря від пилу, диму чи інших газоподібних сумішей, що утворюються при зварюванні, використовують грубе або тонке очищення. Для грубого очищення, що забезпечує затримання пилу розмірами більше 10 мкм застосовують гравітаційні і сухі інерційні пиловловлювачі, а також деякі фільтри контактної дії [31, с. 260].

ВИСНОВКИ

Проведено аналіз існуючої технології наплавлення леміша і устаткування, яке використовується для його виготовлення.

На основі, проведеного аналізу запропоновано вдосконалення існуючої технології наплавлювання виробу, що дозволяє забезпечити необхідну якість виконання наплавлювання і збільшити продуктивність праці.

В даній роботі випробовування проводилися для двох режимів наплавлення. Перший режим одночасно по всій робочій поверхні леміша при постійній питомій потужності в часі і при змінній за час $\tau = 32$ с. Та за другим варіантом наплавлення за енергоощадним режимом при змінній питомій потужності в часі.

Для порівняння витрат електроенергії за постійною питомою потужністю і змінною проводили відповідні розрахунки. Різниця склала $0,87 - 0,23 = 0,64$ кВт/год – затрати електроенергії на 1 деталь для здійснення процесу наплавлення за 32с, відповідно за енергоощадним режимом менше затрачається електроенергії. Таким чином енергоощадний режим наплавлення підвищується на 10%, а економія електроенергії підвищується на 20% за рахунок більш сприятливого розподілу легованих елементів в наплавленому шарі, а економія електроенергії досягнуто за рахунок зменшення теплових втрат в навколишнє середовище.

В даній роботі в спеціальній частині були проведені розрахунки черв'ячного редуктора із застосуванням спеціальної частини, яка містить технічні засоби, математичне, програмне інформаційне забезпечення, а також в якій був проведений розрахунок елементів устаткування.

Проведено аналіз заходів по охороні праці на виробництві, зокрема здійснено розрахунок штучного освітлення.

Здійснено аналіз охорони навколишнього середовища при виготовленні леміша, запропоновано заходи по зменшенні викидів шкідливих речовин в навколишнє середовище та забруднення довкілля.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Градиський Ю.О., Літовка С.В. Конструкція плугів загального призначення. Навчальне видання-Харків 2014. – 31 с.
2. Марочник сталей и сплавов [текст] / Под ред. В.Г.Сорокина. –М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
3. Хрущев М.М, Бабичев М.А. Сопротивление абразивному изнашению структурно-неоднородных материалов. Сб «Трение и износ в машинах», вып. М. Изд. АН СССР, 1958р. 415с.
4. Хрущев М.М, Трение, износ и микротвердость материалов, – М.: Машиностроение, –2015р. 512с.
5. Михальченков А.М., Жуков А.А., Михальченкова М.А. Технологические приемы армирования для повышения ресурса плужных лемехов // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2008, - №12. – с. 10-12.
6. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, випуск 43, част. II. - М.І. Денисенко, В.І. Рубльов. Технологічні методи забезпечення довговічності робочих органів і надійності сільськогосподарських машин 2013р., 17 с.
7. Чернец М.В., Формирование и фрикционная стойкость эвтектических покрытий /Чернец М.В., Пашечко М.И., Голубец В.М. – Киев: Наукова думка, 1993.
8. Зміцнення лез ґрунтообробних робочих органів сільськогосподарських машин з утворенням ефекту самозагострювання / М. І. Денисенко, В. Д. Войтюк // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. - 2016. - № 6. - С. 175-182.
9. Тимошенко В.П., Боль А.А., Лесков С.П. Прграмирование режимов индукционной наплавки долотообразных лемехов // Автоматическая сварка – 1988. - №10. - С.73-74.
10. М. М. Хрущов, М. А. Бабичев, Исследование изнашивания металлов: Изд. Машиностроение АН СССР: 1960).

11. В. Н. Виноградов, Г. М. Сорокин, Износостойкость сталей и сплавов (Москва: Нефть и газ: 1994).
12. Патент № 95330 UA, МПК В23К 13/00. Спосіб наплавлення плоских сталевих деталей / Шаблій О. М., Пулька Ч. В., Базар М. С., Король О. І; заявник і власник Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя. – № а 2009057495; заявл. 17.07.2009; опубл. 25.07.2011, Бюл. № 14, 2011р.
13. Дослідження мікроструктури і властивостей наплавленого металу, отриманого при індукційному нагріванні / О. Шаблій, Ч. Пулька // Вісник Тернопільського національного технічного університету. - 2009. - Т. 66, № 1. - С. 46-55.
14. Математична модель оптимізації енерговитрат індукційного наплавлення / Ч. В. Пулька, В. М. Барановський, В. Я. Гаврилюк, В. С. Сенчишин // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Техніка та енергетика АПК. - 2015. - Вип. 226. - С. 386-393.
15. Корж В.М., Кузнецов В.Д., Борисов К.С., Ющенко К.А. Нанесення покриття: Навчальний посібник/За редакцією академіка НАН України К.А. Ющенка:-К.: Аристей, 2005.-204 с.
16. Рябцев И.А., Сенченков И.К. Теория и практика наплавочных работ — К.: «Екотехнолопя», 2013.-400 с.
17. Ткачев В.Н., Фиштейн Б.М., Казинцев Н.В., Алдырев Д.А. Индукционная наплавка твердых сплавов/– М.:Машиностроение, 1970.- 177 с.
18. Высокочастотные генераторы. Сайт <http://nvzm.ru/index.php/generatory-vysokoj-chastoty>.
- 19.<http://www.inductorspb.ru/prod/vchg.htm>.
20. Порошковая металлургия и напыление покрытия. Учебник для ВУЗов. В.Н. Анциферов Г.В. Бобров, Л.К. Дружинин и др. под ред. Митина Б.С.: Металлургия, - 1987, 792 с.

21. Слухоцкий А. Е. и Рыскин С. Е. Индукторы для индукционного нагрева. Л., «Энергия», 1974. 264 с.
22. Ткачев В.Н. Индукционная наплавка твердых сплавов. – М.: Машиностроение. Москва. 1970. –177с.
23. Курсовое проектирование деталей машин: Учебные пособие / С.А. Чернавский, К.Н. Боков, И.М. Чернин, Г.М. Ицкович, В.П. Козинцов. – 3-е изд. Стереотипное. Перепечатка с издание 1987 г. – М.:ООО ТИД «Альянс», 2005.- 416с.
24. Охрана труда [текст] / [Е.Я. Юдин, С.В. Белов, С.К. Баланцев и др.]; Под ред. Е.Я. Юдина, С.В. Белова. - М.: Машиностроение, 1983. -432 с.
25. Левченко О.Г. Гігієна праці та виробнича санітарія у зварювальному виробництві [текст] / Левченко О.Г.; -К.: Основа, 2004. -98 с.
26. М.П. Купчик Охорона праці. Лабораторний практикум [текст] / М.П. Купчик, М.П. Гандзюк, І.Ф. Степанець. - К.: Основа, 1998. - 224 с.
27. Справочник сварщика [текст] / Под ред. В.В.Степанова. – М.: Машиностроение, 1983. – 560 с.
28. Губський А.І. Цивільна оборона [текст] / Губський А.І. - К.:Міністерство освіти, 1995. -216 с.
29. Шоботов В.М. Цивільна оборона: Навчальний посібник: Вид. 2-ге, перероб. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. - 438 с.
30. Кучерявий В.П. Екологія – Львів: Світ, 2001 – 500 с.
31. Юрченко Л. І. Екологія. Навчальний посібник. – К.: «Видавничий дім «Професіонал», Центр навчальної літератури, 2009. – 304 с.

ДОДАТКИ